

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
G11B 5/39

(45) 공고일자 2000년12월01일

(11) 등록번호 10-0270148

(24) 등록일자 2000년07월27일

(21) 출원번호 10-1997-0008142

(65) 공개번호 특1997-0067114

(22) 출원일자 1997년03월11일

(43) 공개일자 1997년10월13일

(30) 우선권주장 96-055226  
1996년03월12일  
일본(JP)

96-243066  
1996년09월13일  
일본(JP)

(73) 특허권자

가부시키가이샤 도시바 니시무로 타이조  
일본국 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 호리가와쵸 72반지

(72) 발명자

사이토 가즈히로  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

사이토 아끼고  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

이와사키 히토시  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

즈다이 아끼히코  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

요다 히로아끼  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

고바야시 다다히코  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

오사와 유이찌  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

사하시 마사시  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

가미구찌 유조우  
일본 가나가와켄 가와사끼시 사이와이쿠 고우카이도시바쵸 1 가부시키가이샤  
도시바 리써치 앤드 디벨롭먼트 센터 내

(74) 대리인

구영창, 장수길

심사관 : 정경덕



## (54) 자기 저항 효과 헤드 및 그 제조방법

## 요약

매체 대향면 측에 자기 갭이 개재된 자기 요크는 기판면을 따라 기판 상에 배치된다. MR막은 자기 요크의 기판면과 대략 평행한 평면을 따라 매체 대향면 S로부터 소정 거리 후퇴한 위치에 배치된다. MR막은 적어도 양 단부가 자기 요크와 자기적으로 결합되어 있다. MR막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드는 자기 요크와 공통의 자성체층으로 구성된 자성체 리드부를 갖고 있다. 자성체 리드부는 리드 형성에 따른 MR막의 특성 저하나 수를 저하를 억제한다. 또한, 자기 요크 및 MR막에는 적어도 헤드 동작시에 바이어스 자계가 인가된다. 바이어스 자계는 예컨대 전류 자계에 따른다. 또는 자기 요크는 전류 자계를 인가하면서 열처리되고 있다. 자기 요크에는 부위에 따라 다른 자기 이방성이 부여되어 있다. 이들은 자기 요크에 기인하는 벌크 하우젠 노이즈를 억제한다.

## 대표도

## 도1

## 명세서

## 도면의 간단한 설명

제1도는 본 발명의 제1 요크형 MR 헤드의 일 실시 형태의 개략 구성을 도시한 사시도.

제2도는 제1도에 도시한 요크형 MR 헤드의 변형예를 도시한 사시도.

제3도는 본 발명의 제1 요크형 MR 헤드의 다른 실시 형태의 개략 구성을 도시한 사시도.

제4도는 본 발명의 제2 요크형 MR 헤드의 제1 실시 형태의 개략 구성을 도시한 사시도.

제5(a)도 및 제5(b)도는 제4도에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서의 자기 요크의 자구 제어 상태를 설명하기 위한 도면.

제6도는 제4도에 도시한 요크형 MR 헤드의 변형예를 도시한 사시도.

제7도는 제4도에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서의 자기 요크의 변형예를 도시한 단면도.

제8도는 제4도에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서의 자기 요크의 변형예를 도시한 단면도.

제9도는 제4도에 도시한 요크형 MR 헤드의 다른 변형예를 도시한 사시도.

제10도는 제6도에 도시한 요크형 MR 헤드의 변형예를 도시한 사시도.

제11도는 제4도에 도시한 요크형 MR 헤드의 또 다른 변형예를 도시한 사시도.

제12도는 본 발명의 제1 및 제2 요크형 MR 헤드를 적용한 일 실시 형태의 개략 구성을 도시한 사시도.

제13도는 본 발명의 제1 및 제2 요크형 MR 헤드를 적용한 다른 실시 형태의 개략 구성을 도시한 사시도.

제14도는 제13도에 도시한 요크형 MR 헤드의 변형예를 도시한 사시도.

제15도는 본 발명의 제3 요크형 MR 헤드의 일 실시 형태에 있어서의 자기요크를 도시한 도면.

제16도는 제15도에 도시한 자기 요크의 변형예를 도시한 도면.

제17도는 제15도에 도시한 자기 요크의 다른 변형예를 도시한 도면.

제18도는 제15도에 도시한 자기 요크를 구성하는 자성체층의 변형예를 도시한 단면도

제19도는 제15도에 도시한 자기 요크에 강자성층과 비자성층의 적층막을 적용한 일 구조예를 도시한 단면도.

제20도는 제15도에 도시한 자기 요크에 강자성층과 비자성층의 적층막을 적용한 다른 구조예를 도시한 단면도.

제21도는 제20도에 도시한 자기 요크의 변형예를 도시한 단면도.

제22도는 제15도에 도시한 자기 요크에 강자성층과 비자성층의 적층막을 적용한 또 다른 구조예를 도시한 단면도.

제23도는 제15도에 도시한 자기 요크에 반강자성층과 강자성층과 비자성층의 적층막을 적용한 일 구조예를 도시한 단면도.

제24도는 제23도에 도시한 자기 요크의 변형예를 도시한 단면도.

제25도는 제23도에 도시한 자기 요크의 다른 변형예를 도시한 단면도.

제26도는 제15도에 도시한 자기 요크에 반강자성층과 강자성층과 비자성층의 적층막을 적용한 다른 구조예를 도시한 단면도.

제27도는 제26도에 도시한 자기 요크의 변형예를 도시한 단면도.

제28도는 본 발명의 제3 요크형 MR 헤드의 다른 실시 형태의 개략 구성을 도시한 사시도.

제29도는 제28도에 도시한 요크형 MR 헤드의 열처리시에 있어서의 전류의 인가 상태를 설명하기 위한 도면.

제30도 제28도에 도시한 요크형 MR 헤드의 변형예를 도시한 단면도.

제31도는 제30도에 도시한 요크형 MR 헤드의 열처리시에 있어서의 전류의 인가 상태의 일예를 설명하기 위한 도면.

제32도는 제30도에 도시한 요크형 MR 헤드의 열처리시에 있어서의 전류의 인가 상태의 다른 예를 설명하기 위한 도면.

제33도는 본 발명의 제3 요크형 MR 헤드의 구체적인 제조 상태의 일예를 도시한 도면.

제34도는 본 발명의 제3 요크형 MR 헤드의 구체적인 제조 상태의 다른 예를 도시한 도면.

제35도는 본 발명의 제3 요크형 MR 헤드의 구체적인 제조 상태의 또 다른 예를 도시한 도면.

제36도는 본 발명의 제2 요크형 MR 헤드의 제2 실시 형태의 개략 구성을 도시한 사시도.

제37도는 제36도에 도시한 요크형 MR 헤드의 단면도.

제38도는 제36도에 도시한 요크형 MR 헤드의 변형예를 도시한 사시도.

제39도는 제36도에 도시한 요크형 MR 헤드의 다른 변형예를 도시한 사시도.

제40도는 본 발명의 제2 요크형 MR 헤드의 다른 실시 형태의 개략 구성을 도시한 사시도.

제41도는 종래의 실드형 MR에 개략 구성을 도시한 사시도.

제42도는 종래의 요크형 MR에 개략 구성을 도시한 사시도.

제43도는 종래의 다른 요크형 MR에 개략 구성을 도시한 사시도.

#### \* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

21 : 기판	23 : 자기 요크
24 : 자성체층	25 : 자기 갭
27 : MR막	28 : 한쌍의 리드
29 : 자성체 리드부	30 : 저저항 리드부
37 : 비저항 저저항 재료층	38,39,45,47 : 적층막
46 : 비자성 절연층	49 : 절연체층
50 : 비자성 금속층	

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 자기 기록 재생 장치의 재생 헤드 등으로서 사용되는 자기 저항 효과 헤드 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

근년, 자기 기록 고밀도화가 진행되고, 예컨대 HDD에서는 800Mb/inch<sup>2</sup>와 같은 고밀도 시스템이 실용화되고 있다. HDD의 기록 밀도는 더욱 고밀도화하는 것이 요구되고 있다. 이와 같은 고기록 밀도 시스템에 있어서의 재생 헤드로서는 어떤 종류의 자성 박막이나 자성 다층 박막 등의 전기 저항이 외부 자계에 의해 변화하는, 이른바 자기 저항 효과(이하, MR이라 함)를 이용한 자기 저항 효과 헤드(MR 헤드)가 주목되고 있다.

제41도는 종래의 일반적인 실드형 MR 헤드의 일 구성예를 도시한 도면이다. 동도면에서 참조 번호 1은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TIC 등으로 이루어진 기판이다. 기판(1) 상에는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등으로 이루어진 절연 하층(2)를 통하여 파마로이 등의 연자성막으로 이루어진 하층의 실드층(3)이 형성되어 있다. 하층 실드층(3) 위에는 재생 자기 갭을 구성하는 비자성막(4)를 통하여 MR막(5)이 형성되어 있다. MR막(5)의 양단에 한쌍의 리드(6)이 접속되어 MR 소자(7)이 구성되어 있다. MR 소자(7) 위에는 재생 자기 갭을 구성하는 비자성막(8)을 통하여 상층의 실드층(9)이 배치되어 있다. 이와 같은 실드형 MR 헤드에 의한 신호 자계의 검출은 한쌍의 리드(6)에 센스 전류를 흐르게 하고, MR막(5)의 평균 자화 방향의 변화에 따른 저항의 변화를 측정함으로써 행해진다.

그런데, 상술한 바와 같은 실드형 MR 헤드는 한쌍의 리드(6)에 의해 트랙폭을 규정하고 있다. 이 때문에, 물론 고밀도 기록에의 대응을 도모하기 위해서는 리드 간 거리를 단축시켜야만 한다. 이에 따라, 자계 감수 영역은 리드 간 거리의 단축에 따라 더욱 좁아지게 된다. 이와 같이, 실드형 MR 헤드에서는 고밀도 기록화에 한계가 있다. 또, 리드(6)을 형성할 때에는 리드(6)이 되는 도전막을 성막한 후, 이 도전막을 리드 형상으로 패터닝할 필요가 있다. 이때, MR막(5)의 일부까지 에칭되어 버릴 우려가 강하다. 이에 따라, MR막(5)의 특성이 저하하거나, 또는 제조 수율이 저하하는 것과 같은 문제가 있었다.

또, 안쪽(depth) 가공시에 MR막(5)이 연마막 등에 직접 접하기 때문에, 공정중에 MR막(5)이 부식한다고 하는 중대한 문제를 갖고 있었다. 그 때문에, MR 헤드의 매체 대향면 등에 절연성 보호막을 형성하는 등의 대책이 채택되어 왔다. 그러나, 이 방법은 선기록 밀도의 향상에 불가피한 헤드의 저부상화에는 부적합하다. 또한, 종래의 고밀도화 기술로서 기대되고 있는 접촉 기록 방식에서는, 특히 매체 대향면이 마모되어 보호막이 삭감될 우려가 있다. 보호막의 마모가 진행되어 MR막(5)까지 마모가 진행된다면, 안쪽 방향의 폭이 변동하여 헤드 출력이 변동해 버린다. 또, 헤드 출력의 변동뿐만 아니라, MR막(5) 자체가 마모되어 삭감되어 버릴 우려도 있

다. 이와 같은 것에서 MR막(5)의 마모 방지 대책이 요구되고 있다.

상술한 바와 같은 실드형 MR 헤드의 문제점을 회피하는 헤드 구조로서, 제42도에 도시한 바와 같은 헤드 내부에 배치된 MR 소자(7)에 자기 요크(10)에 의해 신호 자계를 유도하는, 이른바 요크형 MR 헤드가 알려져 있다. 상기 요크형 MR 헤드에서는 자기 요크(10)의 일부가 되는 연자성체층(11)위에 자기 갭이 되는 비자성막(12)을 통해 MR 소자(7)이 배치되어 있다. 또, 매체 대향면으로부터 MR막(5)을 통하여 헤드 내부의 연자성체층(11)에 접촉하도록 자기 요크의 일부가 되는 연자성체(13,14)가 배치되어 있다.

이와 같은 종래의 요크형 MR 헤드에서도 리드(6)의 형성 공정은 실드형 MR헤드와 동일하다. 따라서, MR막(5)에 달하는 에칭에 의해 특성이나 수율 등이 저하하기 쉽다. 또한, MR 소자(7)의 형성 위치나 자기 요크(10)에의 접속 상태, 자기 요크(10)의 일부가 되는 연자성체(13,14)와 MR막(5)와의 얼라이먼트 오차 등에 의해 재생 출력이 변동하기 쉽다. 이 때문에, 특성을 갖춘 MR 헤드를 수율이 양호하게 제조하는 것이 곤란했다.

한편, 제43도에 도시한 바와 같이, 기판(1) 상에 적층 방향으로 자기 코어(15)를 설치하고, 그 내부에 MR 소자(7)를 배치한 구조도 제안되고 있다. 그러나, 자기 코어(15)의 막두께 방향의 투자율은 거의 0으로, 자기 코어(15)의 막두께분만큼 MR 소자(7)이 매체 대향면으로부터 후퇴하기 때문에, 역시 재생 출력이 낮다는 문제를 가지고 있었다. 또한, 상술한 종래의 요크형 MR 헤드는 어느 것이나 자기 요크나 리드의 제작 공정이 복잡해지기 때문에 비용 절감화가 어렵다.

덧붙여, 종래의 요크형 MR 헤드는 자기 요크에 있어서의 벌크 하우젠 점프에 기인하는 노이즈가 발생하기 쉬운 문제를 갖고 있었다. 즉, 신호 자계에 의해 형성되는 자기로 방향과 자기 요크의 자화 용이축이 평행인 경우에는 신호 자계의 반전시에 자기 요크의 급격한 자화 반전(불연속적인 자화, spin-flop)이 발생한다. 이 급격한 자화 반전은 벌크 하우젠 노이즈 등의 신호 노이즈의 발생 원인이 된다.

이와 같은 신호 노이즈의 저감책의 하나로써, 자기 요크의 자화 용이축을 자기로 방향과 직교시키는 것을 들 수 있다. 이 때, 예컨대 제43도에 도시한 자기 요크(15)와 같이 곡절부를 갖고 있는 자기 요크에서는 그 각 부위에서 자기로 방향과 직교시킨 자기 이방성을 부여하는 것이 바람직하다.

한편, 자기 이방성을 부여하는 방법으로서의 자계 중 성막이나 자계 중 어닐(열처리)가 알려져 있다. 이와 같은 자계 중 성막이나 자계 중 어닐에 있어서의 자계 인가 수단으로서의 통상 외부 코일이 이용되고 있다. 그러나, 외부 코일에서는 한방향의 자계만 가할 수 있다. 이 때문에, 곡절부를 갖고 있는 자기 요크 전체에 대하여 자기로 방향과 직교시킨 자화 용이축을 부여하는 것은 실현되지 않는다.

또, 자성체의 부위에 따라 다른 방향의 자기 이방성을 부여하는 방법으로서의 큐리점(네일 온도)이 다른 2종 이상의 자성체를 조합시켜 성막시 또는 성막후의 열처리 과정에서 온도를 바꾸어 다른 방향의 자계를 가하는 것을 생각할 수 있다. 그러나, 이 방법에서는 큐리점(네일 온도)가 다른 2종 이상의 자성체를 조합시킬 필요가 있고, 또한 각각의 큐리점(네일 온도)의 분포나 열요동의 영향 등도 고려하여 재료를 선택해야만 한다. 또한, 자계 중 어닐에서는 자계 방향의 회전 등의 복잡한 공정이 필요하고, 각각의 자성체막의 자기 이방성의 방향이나 분산이 자장 방향을 변화시키는 온도에 좌우된다. 이 때문에, 안정된 특성을 얻을 수 없다.

상술한 바와 같이, 종래의 실드형 MR 헤드에서는 고밀도 기록에 대응하는 리드 간 거리를 단축시키면 자계 감수 영역이 좁아진다. 따라서, 고밀도 기록에의 대응에는 한계가 있다. 또한, 리드의 형성 공정에서 MR막까지 에칭되어 버린다는 문제, MR막의 부식이 발생하기 쉽다는 문제, MR막이 마모됨으로써 헤드 출력이 변동할 뿐만 아니라, MR막 자체가 삭감될 우려가 있는 것과 같은 문제를 가지고 있었다.

한편, 요크형 MR 헤드는 고기록 밀도 대응의 헤드 구조로서 기대되고 있다. 이것은 저부상화 방식이나 점층 방식의 기록 재생을 적용하는 경우에도 MR 소자의 마모에 따른 문제를 회피할 수 있기 때문이다. 그러나, 종래의 요크형 MR 헤드는 실드형 MR 헤드와 같이 리드의 형성시에 MR막까지 에칭되고, 특성이나 수율이 저하하기 쉽다는 문제를 갖고 있다. 덧붙여, 자기 요크나 리드 등의 제작 공정이 복잡하고 비용 절감화가 어렵다는 문제를 갖고 있었다.

또한, 종래의 요크형 MR 헤드는 자기 요크에서의 자기 생성이나 자화 반전에 따라 벌크 하우젠 노이즈가 발생하기 쉽다는 문제가 있었다. 이 벌크 하우젠 노이즈는 예컨대 자기 요크의 자기 이방성 제어에 의해 저감시킬 수 있다. 그러나, 종래의 자기 이방성 부여 방법에서는 곡절부를 갖는 자기 요크 전체의 자화 용이축을 자기로 방향과 직교하는 방향으로 제어하는 것은 매우 곤란했다. 또, 종래의 요크형 MR 헤드는 재생 출력이 작다는 문제나 출력에 불균일이 생기기 쉽다는 문제도 있었다.

#### 발명이 이루고자하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 요크형 MR 헤드에 있어서, 리드 형성에 따른 MR막의 특성 저하나 수율 저하를 해소함과 동시에, 자기 요크나 리드 등의 제작 공정을 간소화하여 비용을 절감화하는 것을 가능하게 한 요크형 MR 헤드를 제공하는 데 있다. 본 발명의 다른 목적은 자기 요크에 기인하는 벌크 하우젠 노이즈를 억제한 요크형 MR 헤드, 나아가서는 재생 출력의 향상 및 재생 출력의 변동 억제를 실현시킨 요크형 MR 헤드를 제공하는 데 있다. 또한, 그와 같은 요크형 MR 헤드를 재현성이 양호하게 효율적으로 제작하는 것을 가능하게 한 요크형 MR 헤드의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

본 발명에 있어서의 제1 자기 저항 효과 헤드는 기판과, 상기 기판 상에 배치된 자기 요크와, 상기 자기 요크의 매체 대향면측에 개재된 자기 갭과, 적어도 양단부가 상기 자기 요크와 자기적으로 결합되고, 매체 대향면으로부터 소정 거리 후퇴한 위치에 형성된 자기 저항 효과막과, 상기 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드에 있어서, 상기 자기 요크와 공통의 자성체층으로 구성된 자성체 리드부를 갖는 한쌍의 리드를 구비하는 것을 특징으로 하고 있다.

제1자기 저항 효과 헤드는 특히 자기 갭을 기판 표면에 대하여 대략 수직방향으로 배치함과 동시에 자기 저항 효과막을 자기 요크의 기판 표면에 대하여 대략 평행한 평면을 따라 형성하는 것이 바람직하다.

본 발명의 제1 자기 저항 효과 헤드에 있어서의 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드의 적어도 일부를 자기 요크와 공통의 자성체층으로 구성하고 있다. 이와 같은 자성체 리드부에 의해 자기 저항 효

과막에 직접 접하여 리드를 형성할 필요가 없어진다. 따라서, 리드 형성에 따른 자기 저항 효과막의 특성 저하나 수율 저하 등을 방지할 수 있다. 또한, 자기 저항 효과막 근방의 구조가 단순화되기 때문에 제조 공수(工數)나 제조 비용을 저감시킬 수 있다. 자기 저항 효과막의 크기가 리드에 제한되지 않기 때문에 감도의 향상을 도모할 수 있게 된다.

제1 자기 저항 효과 헤드에서는 기판면을 따라 평행하게 자기 요크와 자기 저항 효과막을 배치함으로써 자기 저항 효과막의 배치 위치를 정확하게 제어하는 것이다. 이에 따라, 자기 저항 효과막을 예컨대 최하단 매체 대향면으로부터 후퇴시킨 위치에 정밀도가 양호하게 배치 형성할 수 있다. 이것은 재생 출력의 저하에 대하여 유효하다. 또한, 재생 출력의 불균일 등도 작게 할 수 있다.

본 발명의 제2 자기 저항 효과 헤드는 기판과, 상기 기판의 표면을 따라 배치되고 상기 기판 표면에 대략 평행한 평면을 갖는 자기 요크와, 상기 자기 요크의 매체 대향면측에 개재되고, 상기 기판 표면에 대하여 대략 수직 방향으로 배치된 자기 갭과, 적어도 양단부가 상기 자기 요크와 자기적으로 결합되고, 매체 대향면으로부터 소정 거리 후퇴한 위치에 상기 자기 요크의 평면을 따라 형성된 자기 저항 효과막과, 상기 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드를 구비하고, 상기 자기 요크 및 자기 저항 효과막에는 적어도 헤드 동작시에 바이어스 자계가 인가되는 것을 특징으로 하고 있다.

제2 자기 저항 효과 헤드는 특히 자기 요크에는 헤드 동작시에 전류가 공급되고, 상기 전류에 의해 발생하는 자계에 의해 상기 바이어스 자계가 인가되는 것을 특징으로 하고 있다.

본 발명의 제3 자기 저항 효과 헤드는 기판과, 상기 기판의 표면을 따라 배치되고, 상기 기판 표면에 대략 평행한 평면을 갖는 자기 요크에 있어서, 그 형상에 따라 부위에 따라 다른 방향의 자기 이방성이 부여되어 있는 자기 요크와, 상기 자기 요크의 매체 대향면측에 개재되고 상기 기판 표면에 대하여 대략 수직 방향으로 배치된 자기 갭과, 적어도 양단부가 상기 자기 요크와 자기적으로 결합되며 매체 대향면으로부터 소정 거리 후퇴한 위치에 상기 자기 요크의 평면을 따라 형성된 자기 저항 효과막과, 상기 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드를 구비하는 것을 특징으로 하고 있다.

본 발명의 자기 저항 효과 헤드의 제조 방법은 기판 상에 자기갭을 설치한 자기 요크를 형성하는 공정과, 적어도 상기 자기 요크에 전류를 흐르게 하면서 열처리를 행하고 상기 자기 요크의 형상에 따라 부위에 따라 다른 방향의 자기 이방성을 부여하는 공정과, 상기 자기 요크 상에 자기 저항 효과막을 형성하는 공정, 및 상기 자기 요크 상에 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드를 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 하고 있다.

본 발명의 제2 자기 저항 효과 헤드에 있어서는, 기판면을 따라 평행하게 자기 요크와 자기 저항 효과막을 배치하고 적어도 헤드 동작시에 자기 요크 및 자기 저항 효과막에 바이어스 자계(자기 바이어스)가 인가된다. 바이어스 자계는 예컨대 헤드 동작시에 자기 요크에 전류를 흐르게 하고 이 전류에 의해 발생하는 자계(전류 자계)에 의해 인가된다. 따라서, 재생 출력의 저하나 불균일 등을 회피하여 자기 요크의 자구를 안정되게 제어할 수 있다. 상기 자구 제어는 자기 요크의 입력 자계에 대한 선형성의 향상에 기여한다. 또한, 벌크 하우젠 노이즈 등의 발생도 억제된다.

본 발명의 제3 자기 저항 효과 헤드에 있어서는 자기 요크의 형상에 따라, 각 부위에 따라 다른 방향의 자기 이방성이 부여되고 있다. 이와 같은 자기 이방성은 예컨대 본 발명의 제조 방법에 기초한 열처리, 즉 자기 요크에 전류를 흐르게 하여 전류 자계를 인가하면서 열처리를 행함으로써 부여할 수 있다. 자계 발생 수단으로서 전류를 이용한 경우 자계는 전류에 수직인 방향으로 가하기 때문에, 극점부를 갖는 자기 요크에 대해서도 각 부위에 따라 자기 이방성을 부여할 수 있다. 즉, 자기 요크의 전체에 대하여 자기로에 대략 직교하는 자기 이방성을 부여할 수 있다. 이와 같은 자기 이방성은 신호 자계가 반전할 때의 자기 요크의 자화 반전을 방지한다. 따라서, 벌크 하우젠 노이즈 등의 신호 노이즈의 발생을 억제할 수 있게 된다.

#### 발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 실시예에 관해 도면을 참조하여 설명한다.

제1도는 본 발명의 제1 자기 저항 효과 헤드의 일 실시 형태에 의한 요크형 MR 헤드의 구성을 도시한 사시도이다. 등도면에서 참조 번호 21은  $Al_2O_3$ -TiC 기판 등으로 이루어진 기판이다. 기판(21) 상에는  $Al_2O_3$  등으로 이루어진 절연층(22)이 하지층으로 설치되어 있다. 절연 하지층(22) 상에는 주로 자기 요크(23)을 구성하는 한쌍의 자성체층(자기 코어; 24)이 형성되어 있다.

자성체층(24)에는 예컨대 Ni-Fe 합금, Fe-Al-Si 합금, Co-Zr-Nb나 Co-B 등의 아몰퍼스 자성 합금, Fe-X-N 합금(X는 Ta, Zr 등에서 선택되는 적어도 1종의 원소) 등의 연자성 재료가 이용된다.

Co-Ni 합금, Co-Fe 합금, Co-Ni-Fe 합금 등의 Co계 강자성체는 양호한 연자기 특성을 부여하여 자성체층(24)로서 유효하게 사용할 수 있다. Co계 강자성체는 양호한 연자기 특성을 부여하는 방법으로서 예컨대 아몰퍼스 연자성층, 결정질 연자성층 또는 이들 적층막 등을 하지층으로서 형성하고, 그 위에 Co계 강자성체층을 형성하는 것을 들 수 있다. 또, Co계 강자성체는 다시 30중량% 이하의 C, B, N, O 등을 가함으로써 결정 입경 등을 제어할 수 있다. 이에 따라 자기 특성의 조절을 행할 수도 있다.

Fe, Co, Ni 및 이들 합금으로 이루어진 자성체층(24)의 구조 및 배향면은 bcc(110)면, fcc(111)면인 것이 바람직하다. 또한, 후술하는 바와 같이 강자성 재료층과 비자성 재료층의 적층막, 또는 반강자성 재료층과 강자성 재료층과 비자성 재료층의 적층막 등으로 자기 요크를 형성하는 경우에도 마찬가지로 구조 및 배향면으로 하는 것이 바람직하다.

자기 요크(23)은 한쌍의 자성체층(24)을 이들이 대략 평행해지는 동일 평면을 갖도록 기판(21)의 표면(기판면)을 따라 병렬 형성함으로써 구성되어 있다. 즉, 자기 요크(23)은 기판면과 대략 평행한 평면을 갖고 있다. 또한, 자기 요크(23)의 두께는 기폭 트랙폭보다 좁아지도록 설계된다. 따라서, 자성체층(24)의 두께는 기폭 트랙폭에 따라 설정되어 있다. 구체적으로는 자성체층(24)의 두께는 10~2000nm 정도인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 100~500nm정도이다.

한쌍의 자성체층(24)로 이루어진 자기 요크(23)의 매체 대향면 S측에는 기판면에 대하여 대략 수직 방향으로

배치된 자기 갭(25)가 개재되어 있다. 자기 갭(25)와 자기 요크(23)은 이들과 후술하는 MR막(27)에 의해 형성되는 자기 회로가 기판면에 대하여 대략 평행해지도록 배치되어 있다. 자기 갭(25)는 소정의 두께(갭 길이)를 갖는 비자성 재료로 이루어진 것이다. 본 실시 형태에서는  $Al_2O_3$  등의 비자성 절연 재료가 이용된다.

또한, 자기 갭(25)의 후방측에는 자기 갭(25)보다 넓은 백갭(26)이 설치되어 있다. 이 백갭(26)에 상당하는 부분은 한쌍의 자성체층(24)의 제작 공정에서 사용한 레지스트 등으로 평탄화되어도 된다.

자기 요크(23)의 기판면과 대략 평행한 반면, 다시 말해서 자기 요크(23) 중을 통과하는 자속(자기 요크(23)에 의한 자기 회로)과 대략 평행한 평면 상에는 MR막(27)이 배치되어 있다. MR막(27)의 배치 위치는 매체 대향면 S로부터 소정 거리 후퇴한 위치로 되어 있다. 즉, MR막(27)은 한쌍의 자성체층(24)의 적층 방향 상면에 상당하는 평면 상에 백갭(26)을 넘어서 한쌍의 자성체층(24)의 쌍방과 자기적으로 결합하도록 배치되어 있다.

MR막(27)은 그 긴 방향이 자기 요크(23)에 의해 유도된 신호 자계 방향과 대략 평행하게 되어 있다. 기록 매체로부터 자기 갭(25)를 통하여 자기 요크(23)에 유입된 신호 자계는 자기 요크(23)을 통하여 MR막(27)에 유도된다. 즉, 자기 요크(23)과 MR막(27)은 자기 갭(25)를 통하여 형상의 자기 코어를 형성하고 있다.

MR막(27)의 안쪽 방향의 배치 위치는 기록 매체와의 접촉에 의한 쇼트나 마모 등을 고려하여 매체 대향면 S에 가까운 위치로 하는 것이 바람직하다. 이와 같은 배치 관계에 따르면, MR막(27)을 매체 대향면 S로부터 최저한 후퇴시켜 매체 대향면 S에 근접한 위치로 정밀도가 양호하게 배치 형성할 수 있다. 즉, 요크형 MR헤드로서의 이점을 손상시키지 않는 범위에서 MR막(27)을 매체 대향면 S에 가까운 위치에 정밀도가 양호하게 형성할 수 있다. MR막(27)의 매체 대향면 S로부터의 후퇴 거리는 신호 자계의 설정 도입량에도 관계되나, 0.2~10 $\mu$ m 정도로 하는 것이 바람직하다.

MR헤드(27)로서는 예컨대 이방성 자기 저항 효과막(AMR막)이나 자성층과 비자성층의 적층막을 갖는 거대 자기 저항 효과막(GMR막)을 이용할 수 있다. AMR막은 전류의 방향과 자성층의 자화 모멘트가 이루는 각도에 의존하여 전기 저항이 변화하는 것으로, 예컨대  $Ni_{80}Fe_{20}$  합금으로 이루어진 것이다. GMR막으로서서는 예컨대 강자성층/비자성층/강자성층의 샌드위치막을 갖고, 각 강자성층의 자화가 이루는 각도에 의존하여 전기 저항이 변화하는, 이른바 스핀 밸브막을 사용할 수 있다. 스핀 밸브막의 구체적인 구성으로서는  $Co_{90}Fe_{10}/Cu/Co_{90}Fe_{10}$ 의 적층막 등을 들 수 있다. 강자성층과 비자성층의 다층 적층막을 갖고, 거대 자기 저항 효과를 나타내는 인공 격자막도 GMR막으로서 유효하다.

MR막(27)에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드(28)은 자성체 리드부(29)와 예컨대 Cu로 이루어진 저저항 리드부(30)로 구성되어 있다. 자성체 리드부(29)는 자기 요크(23)을 구성하는 한쌍의 자성체층(24)를 각각 매체 대향면 S로부터 후퇴하는 방향으로 연장시킨 부분(후방 부분)으로 이루어진다. 저저항 리드부(30)은 이들 자성체 리드부(29)에 각각 접속되어 있다.

즉, 리드(28)은 자기 요크(23)과 공통의 자성체층(24)로 구성된 자성체 리드부(29)를 갖고 있다. 다시 말하면, 한쌍의 자성체층(24)는 자기 갭(25)가 개재된 매체 대향면 S로부터 MR(27)의 하측에 위치하는 부분까지 자기 요크(23)을 구성하고 있고, MR막(27)의 하측에 위치하는 부분으로부터 저저항 리드부(30)과의 접속 부분까지는 자성체 리드(29)를 구성하고 있다. MR막(27)에는 저저항 리드부(30)으로부터 자성체 리드부(29)를 통하여 센스 전류가 공급된다.

상술한 실시 형태의 요크형 MR 헤드에서는 MR막(27)에 센스 전류를 공급하는 리드(28)을, 자성체 리드부(29)와 Cu 등으로 이루어진 저저항 리드부(30)으로 구성함으로써 통상의 MR 헤드로 단일 리드로서 이용되어 온 Cu층 부분이 직접 MR막(27)과 접하지 않는 구조를 실현하고 있다. 이에 따라 Cu 등으로 이루어진 저저항 리드부(30)의 형성이 용이해짐과 동시에 리드 형성에 따른 MR막(27)의 특성 저하나 수율 저하 등을 방지할 수 있다.

또, MR막(27) 부분의 구조가 단순화되기 때문에, 제조 비용의 저감 등을 도모할 수 있다. 예컨대, 제42도에 도시한 종래 구조에서는 MR막(5)에 리드(6)과 자기 요크(13,14)의 양쪽이 접속되어 있기 때문에, MR막 부분의 제조 프로세스가 매우 복잡하다. 이에 대하여 본 실시 형태에서는 MR막(27) 부분은 단순히 자성체층(24) 상에 형성되어 있는 것만으로, MR막(27) 상에서는 패터닝 공정 등은 행해지지 않는다. 따라서, 제조 프로세스를 간소화 및 용이화할 수 있다. 또한, MR막(27)의 크기를 리드에 제한되지 않고 설계할 수 있기 때문에, 감도의 향상을 도모할 수 있다.

이에 덧붙여, 자성체층(24) 상이면 어떤 위치에서도 MR막(27)을 배치할 수 있다. 예컨대, 최저한 매체 대향면 S로부터 후퇴시킨 위치에 있어도 MR막(27)을 정밀도가 양호하게 배치 형성할 수 있다. 이에 따라 많은 신호 자속을 MR막(27)로 유도할 수 있다. 따라서, 종래의 요크형 MR 헤드의 결점의 하나였던 출력 저하를 회피하는 것이 가능해진다. 평면상의 자기 요크(23) 상에 MR막(27)을 배치하고 있기 때문에 자기 요크(23)이 되는 한쌍의 자성체층(24)와 MR막(27)과의 오버랩량을 MR막(27)의 매체 대향면 S로부터의 거리에 관계없이 설정할 수 있다. 따라서 재생 출력의 불균일을 작게 할 수 있게 된다.

여기서, MR막(27)의 폭은 작은 폭이 단위폭당 보다 많은 자속(신호 자계)을 MR막(27)로 유도할 수 있고, 보다 양호한 재생 출력을 얻을 수 있다. MR막(27)의 자화는 그 폭 방향으로 평행한 상태에서 긴 방향(자기 회로에 의한 자속 방향)까지 움직이는 것이 바람직하다. 단, 단자성막으로 이루어진 MR막에서는 폭 방향의 예지에서 자화가 커플링을 일으키기 때문에 MR막의 폭을 작게 하면 자화가 폭 방향과 평행하게 되기 어렵다.

이에 대하여, 한쌍의 강자성층 간에 비자성층을 개재시킨 3층 적층 구조의 MR막의 경우에는 센스 전류 방향과 자속 방향이 대략 평행하게 되도록 하면, 그 폭을 3 $\mu$ m 정도로 좁게 해도 신호 자속에 의해 강자성층의 자화를 폭 방향 평행으로부터 긴 방향까지 움직일 수 있다. 따라서, MR막(27)에 있어서의 자화 방향의 변화를 양호하게 유지하고, MR막(27)의 폭을 작게 하여 단위폭당 보다 많은 자속을 유도할 수 있다. 나아가서는 큰 재생 출력을 얻을 수 있게 된다. 이 때, 3층 적층 구조의 MR막으로서 스핀 밸브막을 이용하면 MR막(27)의 자화를 폭 방향 평행으로부터 긴 방향까지 움직일 수 있는 이점을 보다 유효하게 활용할 수 있다.

제2도는 상기 실시 형태의 변형예의 구성을 도시한 도면이다. 동도면에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서, 자성체 리드부(29)는 제1 자성체층(24a)와 그 위에 형성된 저저항의 제2 자성체층(24b)로 구성되어 있다. 즉,

제1 자성체층(24a)와 제2자성체층(24b)의 저항치의 관계는 제1 자성체층(24a)의 저항치를  $R_1$ , 제2 자성체층(24b)의 저항치를  $R_2$ 로 했을 때,  $R_1, R_2$ 로 되어 있다. 제1 자성체층(24a)와 제2 자성체층(24b)의 구체적인 조합으로서는 예컨대 펄라이트나 파마로이계의 자성체와 아몰퍼스 자성 합금의 조합 등을 들 수 있다.

이와 같은 구조를 채용한 경우, 저저항의 제2 자성체층(24b)가 자성체 리드부(29)로서의 역할을 주로 담당한다. 따라서, 제1 자성체층(24a)에의 센트 전류를 억제할 수 있다. 이것은 MR막(27)의 간도를 증대시킨다.

또한, 자기 요크(23) 및 자성체 리드부(29)를 구성하는 자성체층으로서는 3층 이상의 다층막이나 자성체층 형성시에 첨가 원소를 서서히 가함으로써 성막 방향으로 농도 분포를 주어 저항치를 연속적으로 변화시킨 막 등, 각종 형태의 자성체층을 사용할 수 있다.

다음으로, 본 발명의 제1 자기 저항 효과 헤드의 다른 실시 형태에 의한 요크형 MR 헤드에 관하여 제3도를 참조하여 설명한다.

제3도에 도시한 요크형 MR 헤드는 상술한 실시 형태와 마찬가지로 절연 하지층(22)를 갖는  $Al_2O_3$ -TIC 기판(21) 위에 자기 요크(23) 및 자성체 리드부(29)를 구성하는 제1 및 제2 자성체층(31,32)이 설치되어 있다. 본 실시 형태에 있어서의 제1 및 제2 자성체층(31,32)는 매체 대향면 S측에 개재된 자기 갭(25)와 후방 부분에 개재된 자기 갭(33)을 통하여 폐자기 회로를 구성하도록 대향 배치되어 있다.

상기 폐자기 회로를 구성하는 부분이 자기 요크(23)으로 된다. 또한, 자기 갭(33)은 제조 공정시에 자기 갭(25)와 동시에 형성된 것이다.

제1 자성체층(31) 상에는 긴 방향을 매체 대향면 S로부터 떨어진 방향으로 MR막(27)이 설치되어 있다. 이 MR막(27)이 형성된 제1 자성체층(31)의 양단부는 각각 자성체 리드부(29)로 되어 있다. 이들 자성체 리드부(29)에는 상술한 실시 형태와 마찬가지로 Cu 등으로 이루어진 저저항 리드부(30)이 각각 접속되어 있다. 또한, 이들 이외의 구성에 관해서는 상술한 실시 형태와 동일하게 되어 있다.

본 실시 형태의 요크형 MR 헤드에 있어서, 기록 매체로부터 매체 대향면 S측의 자기 갭(25)을 통하여 자기 요크(23)에 유입된 신호 자속은 폐자기 회로를 구성하는 자기 요크(23)을 통하여 MR막(27)에 유도된다. MR막(27)에의 센스 전류는 저저항 리드부(30)으로부터 제1 자성체층(31)의 단부에 설치된 자성체 리드부(29)를 통하여 공급된다.

상기한 실시 형태의 요크형 MR 헤드에 있어서는 상술한 실시 형태와 동일한 효과를 얻을 수 있다. 또한, 평탄한 자성체층(31) 상에 MR막(27)을 배치하고 있기 때문에, MR막(27)의 특성을 보다 양호하게 인출할 수 있다. 예컨대, 제1도 및 제2도에 도시한 실시 형태의 요크형 MR 헤드에서는 백갭(26) 상에 MR막(27)을 배치하고 있기 때문에, 평탄화 프로세스로 제거할 수 없었던 단차를 MR막(27)이 받아버릴 우려가 있다. 이 경우, 고정밀도의 프로세스 기술을 요한다. 본 실시 형태에서는 이와 같은 곤란을 제거할 수 있다. 단, MR막(27)을 자기 요크{23;자성체층(31)} 상에 형성하고 있기 때문에, 그만큼 센트 전류가 많아진다. 이 센트 전류를 저감시켜 감도의 향상을 도모하고, 제2도에 도시한 바와 같은 다층 구조의 자성체층을 이용하는 것은 유효하다. 이 경우, 적어도 제1 자성체층(31)을 다층 구조로 하면 된다.

또한, 제1도 및 제2도에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서도 자기 요크(23)을 구성하는 부분의 자성체층(자기 코어)를 링 상으로 함으로써, 평탄한 자성체층 상에 MR막(27)을 배치할 수 있다. 이 경우, 제3도에 도시한 요크형 MR 헤드와 동일한 효과를 얻을 수 있다. 이와 같은 구성에 있어서는 제2도에 도시한 다층 구조의 자성체층을 이용하는 것이 유효하다.

다음으로, 본 발명의 제2 자기 저항 효과 헤드를 적용한 요크형 MR 헤드의 제1 실시 형태에 관하여 제4도를 참조하여 설명한다.

제4도에 도시한 요크형 MR 헤드는 제1도에 도시한 실시 형태와 동일한 절연 하지층(22)를 갖는  $Al_2O_3$ -TIC 기판(21) 상에 자기 요크(23)을 구성하는 한쌍의 자성체층(24)이 설치되어 있다. 이 자기 요크(23)의 매체 대향면 S측에는 예컨대, Cu, Ag, Au, Ta, Ti, W, Mo, Nb 등의 비자성 저저항 재료로 이루어진 자기 갭(34)이 개재되어 있다. 한쌍의 리드(28)은 MR막(27)에 직접 접속된 Cu 등의 저저항 재료층으로 이루어진 것이다. 자기 요크(23)은 MR막(27)을 통하여 한쌍의 리드(28)과 전기적으로 접속되어 있다. 그리고, 자기 요크(23)과 MR막(27)은 자기 갭(34)을 통하여 링 상의 자기 코어를 형성하고 있다.

또한, 다른 구성에 관해서는 제1도에 도시한 실시 형태와 동일하게 되어 있다. 제4도에 있어서, 실선 화살표 A는 기록 매체로부터 자기 요크(23)에 유도된 신호 자계의 방향, 즉 자기 요크(23)에 의한 자기로를 도시하고 있다. 화살표 B는 기록 매체의 진행 방향을 나타내고 있다.

본 실시 형태의 요크형 MR 헤드에 있어서는 비자성 저저항 재료로 이루어진 자기 갭(34)을 이용하고 있고, 자기 요크(23)은 자기 갭(34)을 통하여 전류를 형성하고 있다. 따라서, 리드(28)로부터 공급된 전류는 자기 요크(23)에 분류하여 흐른다. 즉, 요크형 MR 헤드의 동작시에 자기 요크(23)을 흐르는 전류는 자계(전류 자계)를 발생시킨다. MR막(27)에 대해서도 동일하다. 전류 자계의 방향은 자기 요크(23)에 의한 자기로에 대하여 대략 수직 방향이 된다. 자기 요크(23) 및 MR막(27)에는 전류 자계에 의해 바이어스 자계(자기 바이어스)가 인가된다.

자기 요크(23)에 전류가 공급되고 있지 않은 경우에는 제5(a)도에 도시한 바와 같이 자기 요크(23)의 자구는 자력을 갖고 있다. 자기 요크(23)에 전류를 공급하여 전류 자계에 의한 바이어스 자계를 인가하면, 제5(b)도에 도시한 바와 같이 자기 요크(23)은 단자구화된 상태가 된다. 제5도에 있어서, 실선 화살표 C는 자화 방향을 나타내고 있다. 그리고, 바이어스 자계에 의해 단자구화된 자화 C의 방향은 자기 요크(23)의 자기로에 대하여 대략 수직 방향으로 되어 있다.

본 실시 형태의 요크형 MR 헤드에서는 기록 매체로부터 신호 자속이 자기 요크(23) 내로 유입될 때, 자기 요크(23)의 단자구화에 의해 자화 회전 모드가 된다. 이에 따라, 고주파 투자율이 양호해짐과 동시에, 벌크 하우젠 노이즈를 억제할 수 있다. 특히, 자기 요크(23)의 자화 C를 자기로에 대하여 대략 수직 방향으로 함으로써 밸런스를 위한 출력 재생 파형을 얻을 수 있다.

또한, 본 실시 형태의 요크형 MR 헤드에 있어서, 자기 요크(23)의 형상, MR막(27)의 배치 위치,



자성체층(24)와 MR막(27)의 위치 관계(오버랩양 등)에 따른 효과는 상술한 실시 형태와 같이 얻어진다. 따라서, 양호한 재생 출력을 얻을 수 있음과 동시에 그 불균일을 작게 할 수 있다.

제6도는 상기 실시 형태의 변형예의 구성을 도시한 도면이다. 동도면에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서, 자기 요크(23)을 구성하는 한쌍의 자성체층(24)과 MR막(27) 사이에는 각각 고정항 자성 재료층(35)이 개재되어 있다. 이와 같이 고정항 자성 재료층(35)을 개재시킴으로써 자기 요크(23)에 흐르는 전류량을 제어할 수 있다. 즉, 자기 요크(23)에의 전류의 흐름이 지나치게 커지는 것을 방지하고, MR막(27)에 흐르는 센스 전류의 저하를 억제할 수 있다. 이에 따라, MR 헤드의 감도 저하를 억제하는 것이 가능해진다. 고정항 자성 재료층(35)으로는 Co-Al-O 등의 그래놀러 구조막이나 Mn-Zn-FeO 등의 유전성 펄라이트막 등을 사용할 수 있다. 제4도 및 제6도에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서는 자기 요크(23)에 단층의 자성체층(24)이 이용되고 있다. 자기 요크(23)은 제7도에 도시한 바와 같이 2개의 강자성층(36) 사이에 비자성 저저항 재료층(37)을 개재시킨 적층막(38)로 구성할 수 있다. 단층 구조의 강자성층을 이용한 경우에는 그 중앙 부근에 180°자벽이 남을 우려가 있다. 한편, 2개의 강자성층(36) 사이에 비자성 저저항 재료층(37)을 개재시키고, 비자성 저저항 재료층(37)에 주로 전류를 흐르게 함으로써 180°자벽의 발생을 방지할 수 있다. 이에 따라, 보다 한층 양호하게 벌크 하우젠 노이즈의 발생을 방지할 수 있게 된다.

상기한 비자성 저저항 재료층(37)으로는 예컨대 Cu, Al, Au, Ag, Zr, Hf, Ta, Ti, Cr 등을 이용할 수 있다. 또, 이와 같은 저저항 재료를 이용한 경우, 자기 요크(23)에 분류한 전류를 중앙에 집중시킬 수 있기 때문에, 작은 전류로 각 강자성층(36)에 충분한 전류 자계를 인가할 수 있다. 제7도에서 점선 화살표 D는 전류 자계를 나타내고 있다.

또한, 제8도에 도시한 바와 같이 비자성 저저항 재료층(37)을 강자성층(36)의 중심 부근에 매입한 매입형 적층막(39)을 자기 요크(23)으로서 이용해도 된다. 이와 같은 매입형 적층막(39)에서는 전류를 집중시키는 점에 관해서는 제7도에 도시한 적층막(38)과 동일하지만, 비자성 저저항 재료층(37)을 중심으로 환류 자구 구조가 형성된다. 이 경우, 매체 대향면 S에 있어서의 자화의 방향이 매체 대향면 S와 평행하게 되므로, 기록 매체에 대하여 누설 자속이 발생하는 일이 없다. 따라서, 자기 요크(23)이 기록 매체의 신호를 소거할 우려가 없다.

또한, 제4도 및 제6도에서는 MR막(27)이 백갭(26) 상에 배치되어 있다. MR막(27)은 예컨대 제9도 및 제10도에 도시한 바와 같이 자기 갭(34)를 통하여 링 상으로 형성된 자성체층(24; 링 상 자기 코어) 상에 배치해도 된다. 이와 같은 경우에는 자기 요크(23)에의 분류량을 제어할 수 있는 제10도에 도시한 구조가 특히 유효하다.

제11도는 제1도이나 제2도에 도시한 요크형 MR 헤드와 마찬가지로 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25)을 이용한 예이다. 이와 같은 구성에서는 자기 갭(25) 상에 자기 갭(34)과 동일한 비자성 저저항 재료로 이루어진 전류 패스(40)를 형성한다. 이 전류 패스(40)에 의해 상술한 실시 형태와 같은 효과를 얻을 수 있다.

상술한 제2 MR 헤드에 관한 각 실시 형태는 어느 것이나 제2 MR 헤드의 구성만을 적용한 것이다. 또한, 예컨대 제1도에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25) 대신 제4도에 도시한 비자성 저저항 재료로 이루어진 자기 갭(34)을 배치하거나 또는 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25) 상에 제11도에 도시한 비자성 저저항 재료로 이루어진 전류 패스(40)를 형성할 수 있다. 이들 구조에서는 자기 요크(23)에 전류를 분류시켜 바이어스 자계를 인가할 수 있다. 이와 같은 구조의 요크형 MR 헤드에 따르면 자성체 리드(29)를 사용한 효과와 자기 바이어스의 인가에 의한 효과를 함께 얻을 수 있다. 요크형 MR 헤드의 특성은 보다 더욱 향상된다.

상술한 바와 같은 구조의 요크형 MR 헤드에서는 제12도에 도시한 바와 같이, 자기 요크(23) 및 자성체 리드부(29)가 되는 자성체층 전체를 제1 자성체층(24a)과 그 위에 형성된 저저항의 제2 자성체층(24b)로 구성하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 센트 전류에 의한 감도의 저하를 억제하는 것이 가능해진다. 또한, 제1 자성체층(24a) 및 제2 자성체층(24b)의 구체적인 구성은 상술한 바와 같다. 상기한 2층 적층 구조의 자성체층 대신 제7도에 도시한 적층막(38)이나 제8도에 도시한 매입형 적층막(39)로 이루어진 자성체층을 이용하는 것도 유효하다.

또한, MR막(27)의 긴 방향을 매체 대향면 S로부터 떨어진 방향으로 배치하는 경우에도 동일한 구조를 채용할 수 있다. 예컨대, 제3도에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서, 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25) 대신 비자성 저저항 재료로 이루어진 자기 갭(34)을 배치하거나, 또는 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25) 상에 제11도에 도시한 비자성 저저항 재료로 이루어진 전류 패스(40)를 형성할 수 있다.

비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25)을 이용하는 경우에는 제13도에 도시한 바와 같이 저저항 리드부(30)를 제1 자성체층(31)로부터 자기 갭(25, 33)을 넘어 제2 자성체층(32) 상에 도달하도록 형성한다. 또는 제14도에 도시한 바와 같이 저저항 리드부(30)를 제1 자성체층(31) 및 제2 자성체층(32)의 쌍방과 접촉하도록 형성한다. 이들 구조에서는 저저항 리드부(30)는 비자성 절연 재료로 이루어진 자기갭(25) 상의 전류 패스의 역할을 겸한다. 따라서, 제조 프로세스가 단순해지고, 제조 수율을 향상시킬 수 있다.

상술한 각 실시 형태의 요크형 MR 헤드에 있어서, 신호 자계에 의해 형성되는 자기로와 자기 요크(23)의 자화 용이축이 평행한 경우에는 상술한 바와 같이 신호 자계의 반전시에 자기 요크(23)의 급격한 자화 반전이 발생한다. 이것은 벌크 하우젠 노이즈 등의 신호 노이즈의 발생 원인이 될 우려가 있다. 이와 같은 신호 노이즈의 발생을 저감시키기 위해서는 기록 매체로부터의 신호 자계를 유도하는 자기 요크(23)의 자화 용이축은 자기로 방향과 직교시키는 것이 바람직하다. 이와 같은 자기 요크(23)의 자기 이방성의 부여 방법으로는 이하에 도시한 자기 요크(23)의 재료 선택 및 자계 중 열처리를 들 수 있다.

(1) 자기 요크를 쿨리 온도가 다른 2종 이상의 자성체로 구성하고, 자화 용이축을 자계 중 열처리(어닐)에 의해 직교시켜 자기 이방성을 부여한다.

(2) 자기 요크에 전류를 흐르게 하면서 열처리(어닐)하고, 전류 자계에 의해 자기 이방성을 부여한다.

상술한 자기 이방성의 부여 방법 중, (1)의 방법은 상술한 바와 같이 2종 이상의 자성체를 조합시켜 사용할 필요가 있고, 게다가 각각의 쿨리점(네일 온도)의 분포나 열요동의 영향 등도 고려하여 재료를 선택해야만 한다. 또한, 자계 중 어닐에 있어서는 자계 방향의 회전 등의 복잡한 공정이 필요하고, 각각의 자성체막의 자기

이방성의 방향이나 분산이 자장 방향을 변화시키는 온도에 좌우된다. 이와 같은 것으로부터 안정된 특성을 재현성이 양호하게 얻는 것은 불가능하다.

이에 대하여, (2)의 방법은 열처리시에 자기 요크에 전류를 흐르게 함으로써, 전류 자계를 자기 이방성의 부여에 이용하고 있다. 이와 같이, 자계 발생 수단이 전류인 경우에는 자계는 전류에 수직인 방향으로 가해지기 때문에, 극절부를 갖는 자기 요크에서도 각 부위에 따라 자기 이방성을 부여할 수 있다.

즉, 자기 요크의 형상에 따라 부위에 따라 다른 자기 이방성을 부여할 수 있다. 또, 자계 발생 수단이 전류이므로, 자기 요크에 인가하는 자계의 방향을 미세하게 제어할 수 있다. 따라서, 열처리시의 전류의 유로를 고안함으로써,  $\Gamma$ 자형,  $\Pi$ 자형,  $\perp$ 자형 등의 각종 형상의 자기 요크에서도 자기 요크 전체에 대하여 자화 용이축과 자기로를 대략 직교시킨 자기 이방성을 부여할 수 있다.

자화 용이축과 자기로를 대략 직교시킨 자기 이방성은 신호 자계가 반전할 때의 자기 요크의 급격한 자화 반전을 방지한다. 따라서, 벌크 하우젠 노이즈 등의 신호 노이즈의 발생이 억제된다. 통상의 외부 코일 등을 자계 발생 수단으로서 이용한 경우, 한 방향의 자계만 가할 수 있기 때문에, 자기 요크 전체에 대하여 자기로와 대략 직교하는 자기 이방성을 부여할 수 없다.

자기 이방성은 자기 요크에 전류를 흐르게 하면서, 자기 요크의 자기 이방성이 움직이는 온도 이상의 온도로 일정 시간 유지함으로써 부여한다. 또는, 자기 요크의 자기 이방성이 움직이는 온도 이상의 온도까지 승온시킨 자기 요크에 펄스 전류를 인가함으로써 자기 이방성을 부여할 수 있다. 펄스 전류를 사용하는 경우 자기 요크의 온도가 실온 정도라도 자기 이방성을 부여할 수 있는 경우가 있다.

제15도는 상술한 전류 자계를 인가하면서 열처리(전류 자계 중 어닐)한 자기 요크(23)을 도시하고 있다. 이 자기 요크(23)은 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25)을 통하여 링 상으로 형성된 자성체층(24; 링 상 자기 코어)로 이루어진다. 상기 링 상 자성체층(24) 상에는 MR막(27)이 형성된다.

또한, 요크형 MR 헤드 전체의 구조로서는 예컨대 제4도 나 제9도에 도시한 요크형 MR 헤드의 비자성 저저항 재료로 이루어진 자기 갭(34)를 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25)로 변경시킨 구조 등이 적용된다. 이 요크형 MR 헤드는 본 발명의 제3 자기 저항 효과 헤드의 일 실시 형태에 상당하는 것이다.

제15도에 도시한 바와 같이, 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25)을 적용하는 경우에는 예컨대 자기 갭(25)의 양단에 전류 유입구(41)와 전류 유출구(42)를 설치해 둔다. 이들로부터 자기 요크(23)에 전류(도면 중 점선 화살표 E로 도시)를 흐르게 하고, 도면 중 점선 화살표 D로 도시한 전류 자계를 자기 요크(23)에 인가하면서 열처리를 행한다.

자기 갭(25)의 근방에 설치한 전류 유입구(41)로부터 공급된 전류 E는 자기 요크(23)의 자기로와 동일 경로를 거쳐 전류 유출구(42)로 흐른다. 이 전류 E에 대하여 수직 방향으로 발생하는 전류 자계 D를 이용하여 자기 요크(23)에 자기 이방성을 부여한다. 이에 따라, 자기 요크(23) 전체로서 자기로와 자화 용이축 F가 대략 직교하는 자기 이방성을 얻을 수 있다. 즉, 자기 요크(23)의 형상에 따라 부위에 따라 다른 방향으로 자기 이방성이 부여된, 다시 말해서 부위에 따라 자화 용이축 F의 방향이 다른 자기 요크(23)이 얻어진다.

이와 같은 자기 요크(23)을 갖는 요크형 MR 헤드에 있어서는 자기 요크(23) 전체로서 자기로와 자화 용이축 F가 대략 직교하고 있기 때문에, 자기 요크(23) 전체로서 신호 자계가 반전할 때의 급격한 자화 반전을 방지할 수 있다. 따라서, 벌크 하우젠 노이즈 등의 신호 노이즈의 발생을 양호하게 억제할 수 있고, 보다 특성이 안정된 요크형 MR 헤드를 얻을 수 있게 된다.

또, 비자성 저저항 재료로 이루어진 자기 갭(34)를 적용하는 경우에는 예컨대 제16도에 도시한 바와 같이 자기 요크(23)의 대략 위치에 전류 유입구(41)와 전류 유출구(42)를 설치해 둔다. 이들로부터 자기 요크(23) 전체에 전류 E를 흐르게 하면서 열처리를 행함으로써 자기 요크(23) 전체로서 자기로와 자화 용이축 F가 대략 직교하는 자기 이방성을 얻을 수 있다. 또한, 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25)을 적용하는 경우에도 예컨대 제17도에 도시한 바와 같이 자기 갭(25) 부분에 비자성 저저항 재료로 이루어진 전류 패스(40)를 설치해 둠으로써 제16도와 동일한 자기 이방성을 부여할 수 있다.

또한, 제16도 및 제17도에 도시한 자기 요크(23)을 갖는 요크형 MR 헤드는 상술한 전류 공급에 의해 바이어스 자계(자기 바이어스)를 자기 요크(23)에 인가하는 구성을 채용할 수 있다. 이 때문에, 자기 요크(23)의 단자구와 자기 이방성 제어에 의해 보다 더욱 양호하게 벌크 하우젠 노이즈 등의 신호 노이즈를 억제할 수 있게 된다.

전류 자계에 의해 자기 이방성을 제어하는 경우, 자기 요크(23)을 구성하는 자성체층(24)는 제15도에 도시한 바와 같은 단층 구조에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 제18도에 도시한 바와 같이 2층 이상의 강자성층(36a, 36b)의 적층막(43)을 사용할 수 있다.

또한, 강자성층과 반자성층의 적층막은 자기 이방성의 부여에 대하여 유효하다. 제19도는 2개의 강자성층(36) 사이에 비자성 저저항 재료층(37)을 개재시킨 적층막(38)을 도시하고 있다. 이와 같은 적층막(38)에서는 하층의 강자성층(36)과 상층의 강자성층(36)의 사이에 자기적인 커플링이 발생하기 쉽기 때문에, 자속이 각 강자성층(36) 내부에까지 들어가기 쉽게 된다. 이에 따라, 전류 자계를 자기 요크(23)에 유효하게 인가할 수 있다.

제20도에 도시한 바와 같이 강자성층(36)과 반자성층(37)을 교대로 다중 적층시킨 적층막(44)를 자기 요크(23)으로서 사용하는 것도 가능하다. 이 경우에는 복수의 반자성층(37)에 대하여 선택적으로 전류를 공급하여, 복수의 강자성층(36)의 각각에 양호하게 자기 이방성을 부여할 수 있다. 복수의 반자성층(37)에 대하여 선택적으로 전류를 흐르게 하는 경우에는 전류가 흐르는 반자성층(37)만을 비자성 저저항 재료로 형성한다. 전류가 흐르지 않는 반자성층은 비자성 절연 재료로 형성한다. 적층막(44)의 적층수는 특별히 한정되는 것은 아니다. 제21도에 도시한 바와 같이 (강자성층(36)/반자성층(37))<sub>n</sub>/강자성층(36)( $n \geq 1$ ) 구조의 적층막(44)를 사용할 수 있다.

제22도에 도시한 바와 같이, 2개의 강자성층(36) 사이에 비자성 절연층(45)를 개재시킨 적층막(46)이라도 된다. 비자성 절연층(47)로서는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_x$ ,  $\text{AlN}$ ,  $\text{SiN}_x$ , BN 등을 이용할 수 있다. 상기 적층막(46)에 의하면 단

층 구조막에 비해 자기 요크(23)에의 전류 자계의 인가 상태를 개선할 수 있다. 단, 제19도에 도시한 적층막(38)이나 제20도 및 제21도에 도시한 적층막(44)는 전류 공급에 의해 자기 바이어스를 자기 요크(23)에 인가하는 구성에도 적합하다. 따라서, 보다 바람직한 구조라고 할 수 있다.

상술한 강자성층과 비자성층의 적층막에는 다시 강자성층에 인접하여 적어도 하나의 반강자성층을 적층할 수 있다. 즉, 자기 요크(23)은 강자성층과 비자성층과 반강자성층의 적층막으로 구성할 수 있다. 이 적층막으로서는 (강자성층/비자성층)  $n$ /강자성층( $n \geq 1$ ) 구조의 적어도 하나의 강자성층에 접하여 반강자성층을 배치한 것을 이용할 수 있다.

이와 같이, 강자성층에 인접하여 반강자성층을 설치한 경우, 반강자성층의 교환 이방성에 의해 강자성층에는 소정 방향(자기로와 대략 직교하는 방향)의 일축 자기 이방성이 부여된다. 상기 반강자성층의 일축 자기 이방성과 전류 자계에 의해 강자성층의 자기 이방성은 보다 강고하게 고착된다. 이 자기 이방성의 보다 강고한 고착화는 헤드의 동작 온도의 고온화 등에 대하여 특히 유효하다. 반강자성층에는 FeMn, IrMn, NiMn, RhMn, PtMn, PdMn, CrMn, IrCrMn, PdPtMn, CrMnPt 또는 이들 합금, 또는 NiO 등을 사용할 수 있다.

반강자성층을 포함하는 적층막의 구체적인 구조로서는 제23도에 도시한 바와 같이 비자성 저저항 재료층(37)을 통하여 2개의 강자성층(36)을 적층하고, 이 중 한쪽의 강자성층(36)에 인접시켜 반강자성층(47)을 적층한 적층막(48)이나 제24도에 도시한 바와 같이 2개의 강자성층(36)에 각각 반강자성층(47)을 인접시킨 적층막(49)등을 들 수 있다. 또한, 제24도에 도시한 바와 같이 반강자성층(47)을 내측에 배치한 적층막(50)이라도 된다. 이와 같은 적층막(50)에 의하면 각 강자성층(36)에 교환 이방성을 효율적으로 부여할 수 있다.

반강자성층을 포함하는 적층막은 제26도에 도시한 바와 같이 강자성층(36)과 비자성층(37)을 교대로 다중으로 적층하고, 이 중 외측의 각 강자성층(36)에 각각 인접시켜 반강자성층(47)을 적층시킨 적층막(51)라도 된다. 다중 적층 구조의 적층막은 제27도에 도시한 바와 같이 반강자성층(47)을 내측에 배치한 적층막(51)와도 된다.

상술한 반강자성층을 포함하는 적층막에 있어서, 비자성층(37)은 비자성 저저항 재료층에 한정되지 않고, 제22도와 마찬가지로 비자성 절연층(45)라도 된다. 비자성 절연층(45)만을 사용하는 경우에는 전류 자계를 발생시키기 위한 저저항 금속층을 적층막의 근방에 배치한다. 전류 자계를 발생시키기 위한 금속층에 관해서는 후술한다.

제24도에 도시한 적층막(49)에서는 비자성층(37)의 막 두께를 예컨대 5nm 이상으로 하여 각 강자성층(36) 사이의 층간 결합을 작게 하는 것이 바람직하다. 이와 같은 각 강자성층(36)에 반강자성층(47)을 각각 접하여 설치함으로써, 각 강자성층(36)에 강고한 일축 자기 이방성을 부여할 수 있다. 비자성 절연층(47)을 이용하여 강자성층(36)의 층간 결합을 작게 한 경우에도 동일한 구조를 채용함으로써 각 강자성층(36)에 강고한 일축 자기 이방성을 부여할 수 있다.

제23도에 도시한 적층막(48)이나 제26도에 도시한 적층막(51)에 있어서는 비자성층(37)의 막 두께를 예컨대 3nm 이하로 하고, 강자성층(36) 사이를 층간 결합에 의해 완만하게 결합시킴으로써, 전 강자성층(36)에 일축 자기 이방성을 부여할 수 있다.

강자성층(36)과 반강자성층(47)의 교환 상호 작용은 적당한 크기로 조절하는 것이 바람직하다. 강자성층(36)과 반강자성층(47)의 교환 상호 작용이 지나치게 강하면, 강자성층(36)의 자화는 고착된다. 이 경우, 자기 요크(23)의 자화는 신호 자계에서 자유롭게 회전하지 않게 된다. 역으로, 강자성층(36)과 반강자성층(47)의 교환 상호 작용이 지나치게 약하면 강자성층(36)과 반강자성층(47)의 교환 상호 작용을 통하여 강자성층(36)에 충분히 일축 자기 이방성을 부여할 수 없다. 교환 상호 작용의 크기는 강자성층(36)이나 반강자성층(47)의 막 두께를 조정하거나 계면에 포화 자화가 작은 0.1~3nm 정도의 얇은 층을 삽입하는 등으로 조절할 수 있다.

반강자성층(47)의 두께는 상술한 바와 같은 이유에서 2~50nm 정도의 범위에서 적절히 선택한다. 강자성층(36)의 두께는 1~500nm 정도의 범위에서 적절히 선택한다. 강자성층(36)의 두께는 10~250nm의 범위인 것이 보다 바람직하다. 비자성층(37,45)의 두께는 0.5~100nm 정도의 범위에서 적절히 선택한다. 비자성층(37,45)의 두께는 1~10nm의 범위인 것이 보다 바람직하다. 반강자성층을 포함하는 적층막의 두께는 실질적인 자기 요크(23)의 두께가 기록 트랙폭보다 좁아지도록 설정된다. 구체적인 두께는 10~2000nm 정도인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 100~500nm 정도이다. 실질적인 자기 요크(23)의 두께와는 외측에 반강자성층(47)을 배치한 경우, 그 두께를 제외한 적층막의 두께이다.

제28도는 본 발명의 제3 자기 저항 효과 헤드의 다른 실시 형태를 도시하고 있다. 동도면에 도시한 요크형 MR 헤드에 있어서, 자기 요크(23)은 자기로를 형성하는 자성체층(24)과 절연체층(53)을 통하여 적층된 비자성 금속층(54)를 갖고 있다. 비자성 금속층(54)는 전류 자계를 발생시키기 위한 전류 인가층으로 예컨대 Au, Al, Cu 등의 양도체로 형성하는 것이 바람직하다.

상기 전류 자계 발생용 비자성 금속층(54)의 두께는 1~1000nm 정도로 하는 것이 바람직하다. 비자성 금속층(54)의 두께가 1nm 미만과 같이 지나치게 얇으면 전류 밀도가 극단적으로 높아지고, 전기 회로의 일부에 전류가 집중하여 줄 발열 등으로 전류의 흐름이 불균일해질 우려가 있다. 한편, 비자성 금속층(54)의 두께가 1000nm를 넘으면, 전류 밀도가 낮아지기 때문에 자성체(24)에 가해지는 전류 자계가 작아지고 전류 자계에 의한 자기 이방성을 충분히 제어할 수 없게 될 우려가 있다. 비자성 금속층(54)의 두께는 10~800nm의 범위로 하는 것이 보다 바람직하고, 더욱 바람직하게는 50~500nm의 범위이다.

자성체층(24)과 비자성 금속층(54)와의 사이에 개재시키는 절연체층(53)에는  $Al_2O_3$  등이 이용된다. 자성체층(24)은 단층 구조막에 한정되지 않고, 2층 이상의 강자성층의 적층막, 강자성층과 비자성층과의 적층막 등 이라도 된다. 전류 자계 발생용 비자성 금속층(54)를 별도로 설치하고 있기 때문에, 자성체층(24)은 절연체를 포함하는 것이라도 된다.

전류 자계 발생용 비자성 금속층(54)를 별도로 설치함으로써 자성체층(24)에 인가하는 전류 자계의 방향을 자유롭게 설계할 수 있다. 이에 따라, 자기 요크(23)의 자기 이방성의 방향을 보다 세밀하게 제어할 수 있게

된다. 제28도에 도시한 요크형 MR 헤드에서는 예컨대 제29도에 도시한 바와 같이 비자성 금속층(54)의 대각 위치에 전류 유입구(41)와 전류 유출구(42)를 설치해 등으로써 제16도와 동일한 자기 이방성을 자성체층(24)에 부여할 수 있다.

전류 자계 발생용 비자성 금속층(54)를 별도로 설치하는 경우의 구조는 제30도에 도시한 바와 같이 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25)가 절연체층(53) 및 비자성 금속층(54)까지 신장된 구조라든다. 이와 같은 구조에서는 예컨대 제31도에 도시한 바와 같이 비자성 금속층(54)의 대각 위치에 전류 유입구(41)와 전류 유출구(42)를 설치해 등과 동시에, 자기 갭(25) 부분에 전류 패스(40)를 설치해 둔다. 이에 따라 자성체층(24)에 대하여 양호하게 자기 이방성을 부여할 수 있다. 또는 제32도에 도시한 바와 같이 자기 갭(25)의 양단에 전류 유입구(41)와 전류 유출구(42)를 설치해 등으로써 자성체층(24)에 양호하게 자기 이방성을 부여할 수 있다.

자기 요크(23)에 대한 열처리하는 기판 상에 복수개의 자기 요크(23)를 적어도 형성해 두고, 이들을 일괄하여 전류 자계를 인가하면서 행하는 것이 바람직하다. 열처리는 MR막이나 리드의 형성 후에 실시해도 된다. 이때, 복수개의 자기 요크(23)은 각각을 직렬로 접속하여 형성하고, 복수개의 자기 요크(23)을 일괄하여 전류를 공급할 수 있도록 해 두는 것이 바람직하다.

예컨대, 제15도, 제16도 및 제17도에 도시한 자성체층(24)에 있어서, 제33도, 제34도 또는 제35도에 도시한 바와 같이 하나의 소자의 전류 유출구(42)와 다른 소자의 전류 유입구(41)를 전기 회로적으로 직렬로 연속시켜 둔다. 제29도, 제31도 및 제32도에 도시한 전류 자계 발생용 비자성 금속층(54)의 경우도 동일하다. 이와 같은 구조에 따라 기판 상에 복수개 형성된 소자 전체를 일괄하여 전류를 공급할 수 있다.

요크형 MR 헤드는 자기 요크(23)에 열처리를 행한 후에, MR막(27) 및 그에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드(28)를 형성하고, 또한 헤드 가공 공정을 거쳐 얻어진다. MR막(27)로서 스핀 밸브막 등을 이용하는 경우, 다시 자화 고착을 위한 자계 중 어닐을 실시한다.

상술한 전류 자계를 인가하면서 열처리한 자기 요크(23)을 갖는 요크형 MR 헤드의 구체에 및 그 평가 결과에 관하여 설명한다.

#### [실시에 1]

우선, 이하에 구조를 도시한 시료(1~12)의 요크형 MR 헤드를 그 제조 공정에서 후술하는 3종류의 열처리를 각각 행하여 제작했다. 후술하는 3종류의 열처리 중, 열처리(1),(2)는 상술한 전류 자계를 인가하면서 열처리에 상당하는 것(본 발명의 실시예)이고, 열처리(3)은 본 발명과 비교예로서 기재한 것이다.

#### [시료 1]

제17도에 도시한 자기 요크(23)을 갖는 요크형 MR 헤드{전체 구조는 제4도에 도시한 것, 단 자기 갭은 비자성 절연 재료로 이루어진 자기 갭(25)}를 자성체층(24)에 NiFe 합금막을 이용함과 동시에, 자기 갭(25)에  $Al_2O_3$ 를 이용하여 제작했다.

#### [시료 2]

시료1에서 자성체층에 아몰퍼스 CoZrNb(a-CoZrNb) 자성막과 NiFe 합금막과의 적층막을 이용하는 것 이외에는 시료 1과 동일한 구조의 요크형 MR 헤드를 제작했다.

#### [시료 3]

시료 1에서 자성체층에 NiFe/Cu/NiFe 적층막을 이용하는 것 이외에는 시료 1과 동일한 구조의 요크형 MR 헤드를 제작했다.

#### [시료 4]

시료 1에서 자성체층에 a-CoZrNb/NiFe/C1/a-CoZrNb/NiFe 적층막을 이용하는 것 이외에는 시료 1과 동일한 구조의 요크형 MR 헤드를 제작했다.

#### [시료 5]

시료 1에서 자성체층에 a-CoZrNb/NiFe/Cu/NiFe 적층막을 이용하는 것 이외에는 시료 1과 동일한 구조의 요크형 MR 헤드를 제작했다.

#### [시료 6]

시료 1에서 자성체층에 NiFe/ $Al_2O_3$ /NiFe 적층막을 이용하는 것 이외에는 시료 1과 동일한 구조의 요크형 MR 헤드를 제작했다.

#### [시료 7]

시료 1에서 자성체층에 a-CoZrNb/NiFe/ $Al_2O_3$ /a-CoZrNb/NiFe 적층막을 이용하는 것 이외에는 시료 1과 동일한 구조의 요크형 MR 헤드를 제작했다.

#### [시료 8]

시료 1에서 자성체층에 a-CoZrNb/NiFe/ $Al_2O_3$ /NiFe 적층막을 이용하는 것 이외에는 시료 1과 동일한 구조의 요크형 MR 헤드를 제작했다.

#### [시료 9]

제28도에 도시한 요크형 MR 헤드를 자성체층(24)에 NiFe 합금막, 자기 갭(25)에  $Al_2O_3$ , 절연체층(53)에  $Al_2O_3$ , 비자성 금속층(54)에 Au, Al, Cu, Ag 등의 양도체막을 이용하여 제작했다. 또한, 자기 요크(23)에 대한 전류 공급은 제29도에 도시한 구조로 실시했다.

#### [시료 10]

시료 9에서 자성체층(24)에 a-CoZrNb 자성막과 NiFe 합금막과의 적층막을 이용하는 것 이외에는 시료 9와 동일한 구조의 요크형 MR 헤드를 제작했다.

## [시료 11]

제30도에 도시한 요크형 MR 헤드를 자성체층(24)에 NiFe 합금막, 자기 갭(25)에  $Al_2O_3$ , 절연체층(53)에  $Al_2O_3$ , 비자성 금속층(54)에 Au, Al, Cu, Ag 등의 양도체막을 이용하여 제작했다. 또한, 자기 요크(23)에 대한 전류 공급은 제31도에 도시한 구조로 실시했다.

## [시료 12]

제30도에 도시한 요크형 MR 헤드를 자성체층(24)에 a-CoZrNb 자성막과 NiFe 합금막과의 적층막, 자기 갭(25)에  $Al_2O_3$ , 절연체층(53)에  $Al_2O_3$ , 비자성 금속층(54)에 Au, Al, Cu, Ag 등의 양도체막을 이용하여 제작했다. 또한, 자기 요크(23)에 대한 전류 공급은 제32도에 도시한 구조로 실시했다.

## [열처리 조건]

- (1) 온도  $T_H$ 에서, MR 헤드에 전류 유입구로부터 전류 유출구로 향한 전류를 흐르게 하여 전류 자계를 인가하고, 이 상태에서 일정 시간 유지한 후, 전류 자계를 유지한 때 온도  $T_E$ 까지 냉각시킨다. 온도  $T_E$ 에서 전류 자계를 제거한 후에 매체 대향면과 평행한 방향(Y방향/MR막(27)의 긴 방향)으로 1~5kOe의 외부 자장을 인가하고, 외부 자장을 유지한 채 실온까지 냉각시킨다.
  - (2) 온도  $T_H$ 에서 MR 헤드에 전류 유입구로부터 전류 유출구로 향하는 전류를 흐르게 하여 전류 자계를 인가하고 이 상태에서 일정 시간 유지한 채, 전류 자계를 유지한 때 온도  $T_E$ 까지 냉각시킨다. 온도  $T_E$ 에서 전류 자계를 유지한 채, Y방향으로 1~5kOe의 외부 자장을 인가하여 전류 자계 및 외부 자장을 유지한 채 실온까지 냉각시킨다.
  - (3) 온도  $T_H$ 에서 MR 헤드에 매체 대향면과 직교하는 방향(X방향/상기한 Y방향과 직교하는 방향)으로 1~5kOe의 외부 자장을 인가하여 일정 시간 유지한 후, 외부 자장을 유지한 채  $T_E$ 까지 냉각시킨다. 온도  $T_E$ 에서 인가 자장의 방향을 Y방향으로 바꾸고 그 후에 외부 자장을 유지한 채 실온까지 냉각시킨다.
- 또한, 상기한 열처리 조건에서 온도  $T_H$ 는 자기 요크(23)의 자기 이방성이 움직이는 온도이다. 온도  $T_E$ 는 자기 요크(23)의 자기 이방성은 움직이지 않고 MR막(27)의 자기 이방성만을 제어하는 것이 가능한 온도이다.
- 상술한 열처리를 행한 후에, 전류 유입구, 전류 유출구, 전류 패스 등을 제거하고, 가공, 실장을 행하였다, 이와 같이 하여 얻은 각 요크형 MR 헤드의 재생 파형을 조사하여 노이즈 레벨을 측정 평가했다. 그 결과를 표 1에 나타낸다. 또한, 표 1에 나타내는 노이즈 레벨은 각 시료에 있어서의 비교예의 요크형 MR 헤드의 노이즈를 100으로 하는 상대치이다.
- 표 1에서 명백한 바와 같이, 어느 시료에서나 전류 자계를 가한 상태에서 열처리를 행한 실시예의 MR 헤드는 노이즈 레벨이 작아지는 것을 알 수 있다. 이와 같이 열처리(1),(2)에서는 전류 자계를 인가하면서 열처리를 행하여 신호 자계를 유도하는 자기 요크에 자기로와 대략 직교하는 방향으로 자기 이방성이 부여되고 있기 때문에, 벌크 하우젠 노이즈를 대폭적으로 저감시킬 수 있다.

[표 1]

		열처리 조건		노이즈 레벨
		비교예	실시예	
시료 1	비교예	(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		48
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		52
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=3kOe$ )		44
시료 2	비교예	(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		93
		(3) 외부 자장( $X=1kOe$ , $Y=1kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		31
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		46
시료 3	비교예	(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=3kOe$ )		28
		(3) 외부 자장( $X=1kOe$ , $Y=1kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		50
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		47
시료 4	비교예	(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		27
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		31
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=3kOe$ )		28
시료 5	비교예	(3) 외부 자장( $X=3kOe$ , $Y=3kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		24
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		37
		(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
시료 6	비교예	(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		59
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=3kOe$ )		56
		(3) 외부 자장( $X=3kOe$ , $Y=3kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		59
시료 7	비교예	(3) 외부 자장( $X=2kOe$ , $Y=2kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		44
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		46
		(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
시료 8	비교예	(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		36
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=3kOe$ )		44
		(3) 외부 자장( $X=1kOe$ , $Y=1kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		21
시료 9	비교예	(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		46
		(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		41
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=2kOe$ )		53
시료 10	비교예	(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		48
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		55
		(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
시료 11	비교예	(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		41
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=2kOe$ )		53
		(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		48
시료 12	비교예	(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		55
		(3) 외부 자장( $X=5kOe$ , $Y=5kOe$ ) 만		100
		(1) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		48
		(2) 전류 자계 + 외부자장( $Y=1kOe$ )		55

## [실시예 2]

기판 상에 제15도에 도시한 링 상의 자기 요크를 형성했다. 자기 요크의 구체적인 구조는 제23도에 도시한 반강자성층/강자성층/비자성층/강자성층 구조로 했다. 강자성층에는  $Ni_{80}Fe_{20}$ ,  $Ni_{80}Fe_{10}$  및  $Fe_{95}Al_{5}Si_{10}$ 을 각각 이용했다. 강자성층의 두께는 각각 1~500nm의 범위에서 변화시켰다. 비자성층에는 Cu를 이용했다. 비자성층의 두께는 0.5~100nm의 범위에서 변화시켰다. 반강자성층에는 NiO, Ir-Mn, Ni-Mn 및 Cr-Mn을 각각 이용했다. 반강자성층의 두께는 각각 2~50nm의 범위에서 변화시켰다. 구체적인 자기 요크의 구조는 표 2에 나타내는 바와 같다.

자기 요크의 미세 패턴을 형성한 후에, 자기 요크의 상하 강자성층에 자기 이방성을 부여하기 위해 자기 요크에 1~50mA의 전류를 흐르게 하고, 표 1에 나타난 온도( $T_r$ )에서 5~30분간 유지했다. 전류 자계에 의해 자기 이방성을 부여한 후, 전류를 멈추고 강은시켰다. 자기 요크는 제35도에 도시한 바와 같이 복수개를 직렬로 접속하여 형성했다. 이후에, 자기 요크 상에 스핀 밸브 구조의 GMR막을 성막하고, GMR 소자의 미세 패턴을 형성했다. GMR막의 자화를 고착시키기 위한 자계 중 어닐이나 미세 가공, 나아가서는 가공, 실장을 행하여 요크형 MR 헤드를 얻었다.

## [실시예 3]

기판 상에 제15도에 도시한 링 상의 자기 요크를 형성했다. 자기 요크의 구체적인 구조는 제24도에 도시한 반강자성층/강자성층/비자성층/강자성층/반강자성층 구조로 했다. 강자성층에는  $Ni_{80}Fe_{20}$ ,  $Fe_{95}Al_{5}Si_{10}$  및 Co-Fe-Ni(하지 층으로서 아몰퍼스 Co-Zr-Nb, Ni-Fe를 갖는다)를 각각 이용했다. 강자성층의 두께는 각각 1~500nm 범위에서 변화시켰다. 반강자성층에는 Cu, Al, Ta를 이용했다. 비자성층의 두께는 각각 0.5~100nm의 범위에서 변화시켰다. 반강자성층에는 h-Mn, Ni-Mn, Pd-Mn 및 Cr-Mn을 각각 이용했다. 반강자성층의 두께는 각각 2~50nm의 범위에서 변화시켰다. 구체적인 구성은 표 3에 나타내는 바와 같다.

상기 구성의 자기 요크를 형성한 후에, 실시예 1과 마찬가지로 하여 전류를 흐르게 하면서 열처리를 행하였다. 전류 자계에 의해 자기 이방성을 부여했다. 또한, 스핀 밸브 구조의 GMR막의 성막, GMR 소자의 미세 패턴의 형성, 자계 중 어닐이나 미세 가공 등을 행하여 요크형 MR 헤드를 얻었다.

## [실시예 4]

표 4에 각각 구조를 나타낸 링 상의 자기 요크를 이용하여 실시예 1과 마찬가지로 하여 요크형 MR 헤드를 제작했다. 본 실시예 4는 자기 요크를 구성하는 적층막에 다중 적층막이나 반강자성층을 내측에 배치한 적층막을 이용한 것이다.

## [실시예 5]

표 5에 각각 구조를 나타낸 링 상의 자기 요크를 이용하여 실시예 1과 마찬가지로 하여 요크형 MR 헤드를 제작했다. 본 실시예 5는 자기 요크로서 기능하는 적층막을  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 이루어진 절연층을 통하여 전류 자계 발생용 비자성 금속층(Cu나 Al 등) 상에 형성한 것이다.

[실시예 6]

기판 상에 제15도에 도시한 링 상의 자기 요크를 형성했다. 자기 요크의 구체적인 구조는 표 5에 나타내는 바와 같다. 자기 요크의 미세 패턴을 형성한 후에, 자기 요크의 강자성층에 자기 이방성을 부여하기 위해 표 5에 나타내는 온도까지 가열한 자기 요크에 대하여 펄스 전류(10mA, 50mA)를 인가했다. 자기 요크는 제35도에 도시한 바와 같이 복수개를 직렬로 접속하여 형성했다. 이 후에, 자기 요크 상에 스프인 밸브 구조의 GMR막을 성장하고, GMR 소자의 미세 패턴을 형성했다. GMR막의 자화를 고착시키기 위한 자계 중 어닐이나 미세 가공, 게다가 가공 실험을 행하여 요크형 MR 헤드를 얻었다.

[비교예]

본 발명과의 비교예로서  $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$  및  $\text{Fe}_{95}\text{Al}_5\text{Si}_{10}$ 의 단층막으로 이루어진 자기 요크를 갖는 요크형 MR 헤드를 제작했다. 본 비교예의 자기 요크에는 전류를 인가 하면서 열처리하는 행하지 않는다.

상술한 실시예 2~6 및 비교예에 따른 각 요크형 MR 헤드의 신호 특성(노이즈 발생 확률)을 평가했다. 평가 결과는 표 2~표 5에 나타내는 바와 같다. 표 2~표 5로부터 실시예 2~6에 의한 각 요크형 MR 헤드는 비교예의 요크형 MR 헤드에 비해 노이즈 발생 확률이 낮은 것을 알 수 있다.

[표 2]

실시예 2 (각층 = 막두께 : nm)						
$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	Cu	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	NiO	Tk(K)	I(mA)	노이즈 발생율
1	3	3	25	473	1	1/3.
5	3	7	28	473	1	2/7.
10	5	30	30	473	1	3/10.
70	5	50	50	473	1	3/10.
100	10	200	50	473	3	4/20.
250	15	250	50	473	5	5/20.
250	30	250	50	473	10	3/20.
500	50	500	50	473	10	4/20.
$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	Cu	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	NiMn	Tk(K)	I(mA)	노이즈 발생율
3	3	5	15	723	1	3/10.
10	3	10	15	723	1	3/12.
10	5	30	20	723	1	4/12.
70	5	50	35	723	1	3/12.
100	10	200	50	723	3	3/20.
250	15	250	50	723	5	4/20.
250	30	250	50	723	10	3/20.
500	50	500	50	723	10	3/20.
$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	Cu	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	NiMn	Tk(K)	I(mA)	노이즈 발생율
70	5	50	35	723	1	4/12.
100	10	200	50	723	3	5/20.
250	15	250	50	723	5	3/20.
250	30	250	50	723	10	3/20.
500	50	500	50	723	10	4/20.
$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	Cu	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	IrMn	Tk(K)	I(mA)	노이즈 발생율
3	3	5	10	573	1	4/12.
10	3	10	10	573	1	4/12.
10	5	30	20	573	1	3/12.
70	5	50	25	573	1	4/12.
100	10	200	30	573	3	5/20.
250	15	250	30	573	5	3/20.
250	30	250	30	573	10	4/20.
500	50	500	30	573	10	5/20.
FeAlSi	Cu	FeAlSi	CrMn	Tk(K)	I(mA)	노이즈 발생율
3	3	5	15	723	1	3/10.
10	3	10	15	723	1	3/12.
10	5	30	20	723	1	4/12.
70	5	50	35	723	1	3/12.
100	10	200	50	723	3	3/20.
250	15	250	50	723	5	4/20.
250	30	250	50	723	10	3/20.
500	50	600	50	723	10	3/20.

[표 3]

반강자성층 1	강자성층 1	비자성층	강자성층 2	반강자성층 2	Tk(K)	I(mA)	노이즈 발생율
IrMn(4)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (5)	Cu(5)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (5)	IrMn(2)	553	1	34%
IrMn(5)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (20)	Cu(5)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (20)	IrMn(5)	573	3	26%
IrMn(5)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (80)	Cu(5)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)	IrMn(5)	573	3	30%
IrMn(7)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (200)	Cu(10)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (200)	IrMn(7)	573	5	22%
NiMn(15)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (200)	Al(10)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (200)	NiMn(15)	723	5	18%
IrMn(7)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (300)	Cu(30)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (500)	IrMn(7)	573	10	25%
IrMn(7)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (300)	Ta(50)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (500)	IrMn(7)	573	10	28%
NiMn(15)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (300)	Cu(30)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (300)	NiMn(15)	723	10	25%
PdMn(10)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (300)	Cu(30)	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (300)	PdMn(10)	673	10	22%
NiMn(15)	CoFeNi(250)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (5)	Cu(30)	CoFeNi(250)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (5)	NiMn(15)	723	10	34%
NiMn(15)	FeAlSi(200)	Cu(30)	FeAlSi(200)	NiMn(15)	723	10	25%
NiMn(15)	FeAlSi(300)	Al(30)	FeAlSi(300)	NiMn(15)	723	10	33%
CrMn(15)	FeAlSi(400)	Ta(50)	FeAlSi(500)	CrMn(15)	723	10	28%

[표 4]

요크 구조 (nm)	Tk(K)	I(mA)	노이즈 발생율
NiMn(15)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (120)/Cu(20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (120)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (120)/NiMn(15)	723	10	22%
IrMn(5)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)/Cu(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)/IrMn(5)	573	10	18%
IrMn(8)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/Cu(30)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/IrMn(8)	573	10	33%
PdWn(15)/Hf(1)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/Cu(30)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/PdMn(15)	673	10	30%
NiMn(20)/Cr(1)/FeAlSi(120)/Cu(30)/FeAlSi(120)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/FeAlSi(120)/Cu(1)/NiMn(20)	723	10	25%
IrMn(8)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (200)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/IrMn(8)	573	10	20%
NiMn(20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/Cu(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (80)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (80)/Cu(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (120)/NiMn(15)	723	10	28%
Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/Cu(3)/NiMn(20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)	723	1	19%
Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Cu(10)/IrMn(8)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)	573	5	25%
Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Al(8)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Al(8)/NiMn(15)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)	723	10	16%
NiO(30)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Cu(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Cu(10)/NiO(50)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)	473	10	33%
PdWn(15)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Cu(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Cu(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (150)/PdMn(15)	673	10	22%

막 두께 (nm)



[표 5]

	요크 구조(nm)	Tk(K)	I(mA)	노이즈 발생율
실 시 예 5	Cu(10)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (2)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (2)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)/IrMn(8)	573	10	15%
	Cu(30)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (40)/IrMn(10)/[Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (2)] <sub>4</sub> /Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)	573	30	25%
	A(30)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/NiO(50)/[Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (20)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (2)] <sub>4</sub> /Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (20)/NiO(50)	493	30	33%
	Cu(30)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/NiMn(15)/[Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (5)] <sub>4</sub> /Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (50)	723	10	20%
	Cu(30)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/NiMn(15)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (200)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (5) <sub>4</sub> /Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (200)	723	30	28%
	Cu(30)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20)/NiMn(15)/CoZrNb(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (10)/CoFeNi(7)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (5)/CoZrNb(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (10)/CoFeNi(7)/Cu(1)/NiMn(15)	723	10	33%
	Cu(30)/SiO <sub>x</sub> (40)/FeAlSi(20)/CrMn(20)/[FeAlSi(20)/SiO <sub>x</sub> (3)] <sub>3</sub> /FeAlSi(20)	723	50	16%
실 시 예 6	IrMn(7)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (250)/Cu(10)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (250)/IrMn(7)	573	10	15%
	NiMn(12)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)/Cu(10)/NiMn(12)/Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (100)	723	50	12%
비 교 예	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (300)	-	-	88%
	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (500)	-	-	72%
	Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> (1000)	-	-	74%
	Fe <sub>85</sub> Al <sub>5</sub> Si <sub>10</sub> (500)	-	-	92%
	Fe <sub>85</sub> Al <sub>5</sub> Si <sub>10</sub> (1000)	-	-	82%

막두께(nm)

다음으로, 본 발명의 제2 자기 저항 효과 헤드를 적용한 요크형 MR 헤드의 제2 실시 형태에 관하여 제36도 및 제37도를 참조하여 설명한다.

제36도 및 제37도는 본 실시 형태에 따른 요크형 MR 헤드의 구성을 도시한 도면이고, 제36도는 그 매체 대향면 방향으로부터의 사시도, 제37도는 그 단면도이다.

이들 도면에 도시한 요크형 MR 헤드는 상술한 각 실시 형태와 마찬가지로 절연 하지층(22)를 갖는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TIC 기판(21) 상에 자기 요크(23)을 구성하는 한쌍의 자성체층(24)이 형성되어 있다.

상기 자기 요크(23)이 되는 한쌍의 자성체층(24)은 자기 갭(25)을 통하여 대향 배치되어 있다. 한쌍의 자성체층(24)은 기판면을 따라 병렬 형성되어 있고, 기판면과 대략 평행이 되는 동일 평면을 갖고 있다. 자기 요크(23)이 되는 한쌍의 자성체층(24)과 자기 갭(25)은 기판면에 대하여 평행하게 배치되어 있다. 또한, 자기 요크(23)이나 자기 갭(25) 등의 구성 재료 등에 관해서는 상술한 실시 형태와 동일하다.

자기 요크(23)이 되는 한쌍의 자성체층(24)의 후방측, 즉 매체 대향면 S로부터 후퇴한 위치에는 자기 요크(23)에 바이어스 자계(자기 바이어스)를 인가하는 경자성층(55)이 각각 배치되어 있다. 경자성층(55)으로는 예컨대 CoPt 합금막 등이 이용된다. 이 경자성층(55)에 의해 인가되는 자기 바이어스에 의해 자기 요크(23)의 자구는 제어되고 있다.

자기 요크(23)의 자기로와 대략 평행한 면 상에는 MR막(27)이 매체 대향면 S로부터 소정 거리 후퇴한 위치에 배치되어 있다. MR막(27)은 한쌍의 자성체층(24)의 기판면과 대략 평행한 평면의 상측에, 제36도에서는 도시를 생략한 절연층(56)을 통하여 형성되어 있다. 또, 이하의 다른 실시 형태에서도 마찬가지로 자성체층(24)과 MR막(27) 사이에는 절연층(56)으로 절연되어 있다. MR막(27)은 자기 갭(25)을 넘어 한쌍의 자성체층(24)의 쌍방과 자기적으로 결합하도록 배치되어 있다. MR막(27)의 긴 방향은 자기 요크(23)의 자기로에 의해 유도된 신호 자계 방향과 대략 평행하게 되어 있다.

MR막(27)의 후방측, 즉 매체 대향면 S로부터 후퇴한 위치에는 MR막(27)에 바이어스 자계(자계 바이어스)를 인가하는 경자성층(57)이 배치되어 있다. 상기 경자성층(57)으로는 상술한 자기 요크(23)에 자기 바이어스를 인가하는 경자성층(55)과 마찬가지로 CoPt 합금막 등이 이용된다. 이 경자성층(57)에 의해 인가되는 자기 바이어스에 따라 MR막(27)의 자구는 제어되고 있다.

MR막(27) 상에는 그 양단에 전기적으로 접속된 Cu 등으로 이루어진 한쌍의 리드(28)이 형성되어 있다. 상기 한쌍의 리드(28)은 자기 요크(23)의 자기로와 대략 평행한 MR막(27)의 긴 방향으로 센스 전류가 흐르도록 배치되어 있다. MR막(27)은 절연막을 통하여 자기 실드층으로 덮는 것이 바람직하다. 이에 따라 외란 자계에 의한 노이즈의 발생을 방지할 수 있다.

상기 구성의 요크형 MR 헤드에서는 자기 요크(23) 및 MR막(27)에 경자성층(55,57)에 의해 바이어스 자계(자기 바이어스)를 인가하고 있기 때문에, 자기 요크(23)이나 MR막(27)에서의 자구의 발생을 억제한다. 따라서, 우수한 선형 응답성을 얻을 수 있다. 특히, 자기 요크(23)에서의 벌크 하우젠 점프에 기인하는 노이즈를 저감시킬 수 있다.

또한, MR막(27)을 최저한 매체 대향면 S로부터 후퇴시킨 위치에 정밀도가 양호하게 형성할 수 있다. 즉, MR막(27)은 매체 대향면 S에 근접시킨 위치에 정밀도가 양호하게 배치된다. 이 때문에, 많은 신호 자계를 MR막(27)에 유도할 수 있다. 따라서, 종래의 요크형 MR 헤드의 결정의 하나였던 출력 저하를 회피할 수 있게

된다. 또한, 자기 요크(23)이 되는 한쌍의 자성체층(24)과 MR막(27)과의 오버랩량을 MR막(27)의 매체 대향면 S로부터의 거리에 관계없이 설정할 수 있다. 따라서, 재생 출력의 불균일을 작게 할 수 있게 된다. 이하, 그 효과를 정량적으로 설명한다.

즉, 자기 갭(25)(폭:  $g$ )을 끼워 대향하는 한쌍의 자성체층(24)(두께:  $t_1, t_2$ , 투과율:  $\mu_1, \mu_2$ )에 의해 매체 자속을 뺏아 올리는 경우, 자성체를 통과하는 자속 밀도는 매체 대향면으로부터 멀어짐에 따라 감소한다. 자성체를 통과하는 자속 밀도가 자성체 선단에서의 값보다  $1/e$ 로 감소하는 거리  $\lambda$ 은 특성장이라 불리고, 이하의 식으로 구해진다.

$$1/\lambda = (1/g \mu_1 t_1 + 1/g \mu_2 t_2)^{0.5}$$

예컨대, 기록 밀도가  $1\text{Gb/inch}^2$ 인 경우, 제36도에 도시한 요크형 MR 헤드에서는  $g=0.25\mu\text{m}$ ,  $t_1=t_2=2\mu\text{m}$ ,  $\mu_1=\mu_2=1000$  정도이다. 특성장  $\lambda$ 은  $16\mu\text{m}$  전후가 된다. 따라서, 상기 구성의 MR 헤드에 있어서 MR막(27)을 매체 대향면 S로부터  $1.0\mu\text{m}$  정도 후퇴시켜도 헤드에 유입되는 자속의 90% 정도를 MR막(27)에 유도할 수 있다. 따라서, 기본적으로 출력 저하는 없다. 헤드가  $0.5\mu\text{m}$  정도 마모되어도 헤드에 유입되는 자속은 5% 정도 증가할 뿐이다. 따라서 출력 변동은 거의 무시할 수 있다. 또한, 자기 요크(23)이 되는 한쌍의 자성체층(24)과 MR막(27)의 오버랩량을 MR막(27)의 매체 대향면 S로부터의 거리에 관계없이 충분히 크게 설정할 수 있게 때문에, 재생 출력의 불균일이 작다.

상술한 실시 형태의 요크형 MR 헤드에서는 역으로 많은 자속이 MR막(27)에 유입되기 때문에, MR막(27)의 대부분이 작은 자계로 포화할 가능성이 있다. 이에 따라 저항 변화가 바로 포화한다고 하는 폐해가 발생할 우려가 있다. 이와 같은 경우에는 예컨대 제38도에 도시한 바와 같이 MR막(27)의 중앙 부근을 위쪽으로 굴곡시켜 MR막(27)과 자기 요크(23)의 간극을 넓힌다. 이에 따라, 저항 변화의 포화를 억제할 수 있다.

제39도에 도시한 바와 같이 MR막(27)의 배치 위치가 되는 부분의 한쌍의 자성체층(24) 사이의 간극을 넓게 설정하는 것도 효과적이다. 이 때, 실질적인 자기 갭이 되는 매체 대향면측은 좁은 갭을 유지시킨다. 이와 같은 구조의 요크형 MR 헤드에서는 MR막(27)의 저항을 크게 할 수 있다. 또한, 좁은 갭(예컨대  $0.05\sim0.2\mu\text{m}$ )을 유지하여 한쌍의 자성체층(24) 사이의 거리를  $0.5\sim1.0\mu\text{m}$  정도로 넓게 함으로써 매체 자계에서 포화하지 않은 부분을 증대시킬 수 있다. 따라서, 저항 변화의 포화를 억제할 수 있고, 나아가서는 선형성이 양호한 MR 헤드를 실현할 수 있다.

상술한 실시 형태는 자기 요크(23) 및 MR막(27)에 경자성층(55,57)에 의해 바이어스 자계를 인가하는 예이다. 또한, 상술한 제1 실시 형태에서 설명한 전류 자계에 의한 자기 바이어스와 경자성층에 의한 자기 바이어스를 조합시켜 사용할 수도 있다. 제40도에 도시한 바와 같이 MR막(27)의 후방 부분에는 경자성층(57)을 배치한다. 자기 요크(23)이 되는 한쌍의 자성체층(24) 상에는  $\text{Al}_2\text{O}_3$  등으로 이루어진 절연층(58)을 통하여 Cu 등으로 된 배선층(59)을 형성한다. 또한, 배선층(59)의 형성 위치는 기록 매체와의 접촉을 고려하여 매체 대향면 S로부터 약간 후퇴한 위치로 해도 된다.

자성체층(24) 상의 배선층(59)에 통전함으로써 자기 요크(23)에 전류 자계에 의한 자기 바이어스를 인가한다. 한편, MR막(27)에는 경자성층(57)에 의해 자기 바이어스를 인가한다. 이와 같은 구성에 따라서도 우수한 선형 응답성을 얻을 수 있음과 동시에, 벌크 하우젠 노이즈를 저감시킬 수 있다.

또한, 상술한 각 실시 형태에서는 MR막을 자기 요크 상에 배치한 예에 관하여 설명했으나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니다. 자기 요크를 MR막 위에 설치한 경우에도 동일한 효과를 얻을 수 있다.

#### 발명의 효과

이상의 실시예로부터도 알 수 있는 바와 같이 본 발명의 제1 자기 저항 효과 헤드에 따르면, 리드 형성에 따른 MR막의 특성 저하나 수율 저하를 억제할 수 있다. 또, MR막의 감도나 출력의 향상을 도모할 수 있다. 또한, 자기 요크나 리드 등의 제작 공정을 간소화시켜 비용을 저감화할 수 있다. 따라서, 우수한 특성 및 신뢰성을 가진 요크형 MR 헤드를 저렴한 비용 및 고수율로 제공할 수 있게 된다. 또, 제2 및 제3의 자기 저항 효과 헤드에 따르면, 자기 요크 등에 기인하는 벌크 하우젠 노이즈를 억제할 수 있다. 따라서, 우수한 특성을 갖는 요크형 MR 헤드를 저렴한 비용 및 고수율로 제공할 수 있게 된다.

#### (57) 청구의 범위

청구항 1. 기판, 상기 기판의 표면을 따라 배치되고, 상기 기판 표면에 대략 평행한 평면을 갖는 자기 요크, 상기 자기 요크의 매체 대향면측에 개재되고, 상기 기판 표면에 대하여 대략 수직 방향으로 배치된 자기 갭, 적어도 양단부가 상기 자기 요크와 자기적으로 결합되고, 매체 대향면으로부터 소정 거리 후퇴한 위치에 상기 자기 요크의 평면을 따라 형성된 자기 저항 효과막, 및 상기 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드에 있어서, 상기 한쌍의 리드는 상기 자기 요크와 공통이며, 상기 센스 전류를 유통(流通)시키는 재료로 이루어진 자성체층으로 구성된, 자성체 리드부를 갖는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 2. 기판, 상기 기판의 표면을 따라 배치되고, 상기 기판 표면에 대략 평행한 평면을 갖는 자기 요크, 상기 자기 요크의 매체 대향면측에 개재되고 상기 기판 표면에 대하여 대략 수직 방향으로 배치된 자기 갭, 적어도 양단부가 상기 자기 요크와 자기적으로 결합되고, 매체 대향면으로부터 소정 거리 후퇴한 위치에 상기 자기 요크의 평면을 따라 형성된 자기 저항 효과막, 및 상기 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드를 구비하며, 상기 자기 요크 및 자기 저항 효과막에는 적어도 헤드 동작시에 바이어스 자계가 인가되는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 3. 제2항에 있어서, 상기 자기 요크에는 헤드 동작시에 전류가 공급되고, 상기 전류에 의해 발생하는 자계에 의해 상기 바이어스 자계가 인가되는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 4. 제2항에 있어서, 상기 자기 요크는 상기 자기 갭을 통하여 전류로 형성하고 있고, 상기 센스 전류의 일부가 분류(分流)하도록, 상기 한쌍의 리드와 전기적으로 접속되어 있는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

항 효과 헤드.

청구항 5. 제3항에 있어서, 상기 자기 요크는 강자성층과 저저항 비자성층의 적층막으로 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 6. 제4항에 있어서, 상기 자기 요크는 상기 자기 저항 효과막을 통하여 상기 한쌍의 리드와 전기적으로 접속되어 있고, 상기 자기 요크와 상기 자기 저항 효과막 사이에는 센스 전류의 분류량을 제어하는 고저항 자성층이 개재되어 있는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 7. 제4항에 있어서, 상기 한쌍의 리드는 상기 자기 요크와 공통의 자성체층으로 구성된 자성체 리드부를 갖고 있는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 8. 제3항에 있어서, 상기 자기 요크는 상기 바이어스 자계에 의해 단자구(單磁區)화되고, 그 자화 방향은 상기 자기 요크의 자기로에 대하여 대략 직교하는 방향으로 되어 있는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 9. 제3항에 있어서, 상기 자기 요크에는 그 형상에 따라 부위에 따라 다른 방향의 자기 이방성이 부여되어 있는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 10. 제3항에 있어서, 상기 자기 저항 효과막은 자성층과 비자성층의 적층막을 갖는 거대 자기 저항 효과막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 11. 기판, 상기 기판의 표면을 따라 배치되고, 상기 기판 표면에 대략 평행한 평면을 갖는 자기 요크에 있어서, 그 형상에 따라 부위에 따라 다른 방향의 자기 이방성이 부여되어 있는 자기 요크, 상기 자기 요크의 매체 대향면측에 개재되고 상기 기판 표면에 대하여 대략 수직 방향으로 배치된 자기 갭, 적어도 양단부가 상기 자기 요크와 자기적으로 결합되고 매체 대향면으로부터 소정 거리 후퇴한 위치에 상기 자기 요크의 평면을 따라 형성된 자기 저항 효과막, 및 상기 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드를 구비하는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 12. 제11항에 있어서, 상기 자기 이방성은 상기 자기 요크에 의한 자기로와 상기 자기 요크 전체의 자화 용이축(容易軸)이 대략 직교하도록 부여되어 있는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 13. 제11항에 있어서, 상기 자기 요크는 진류 자계에 의해 부여된 자기 자기 이방성을 갖는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 14. 제11항에 있어서, 상기 자기 요크는 강자성층과 비자성층의 적층막으로 구성되고, 상기 적층막은 적어도 하나의 비자성 금속층을 갖는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 15. 제14항에 있어서, 상기 적층막은 상기 강자성층에 인접하여 배치된 적어도 하나의 반강자성층을 갖는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 16. 제11항에 있어서, 상기 자기 요크는 자기로를 형성하는 자성층과, 전류 자계를 발생시키는 비자성 금속층과, 상기 자성층과 상기 비자성 금속층과의 사이에 개재된 절연층을 갖는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

청구항 17. 제11항에 있어서, 상기 자기 저항 효과막은 자성층과 비자성층의 적층막을 갖는 거대 자기 저항 효과막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드.

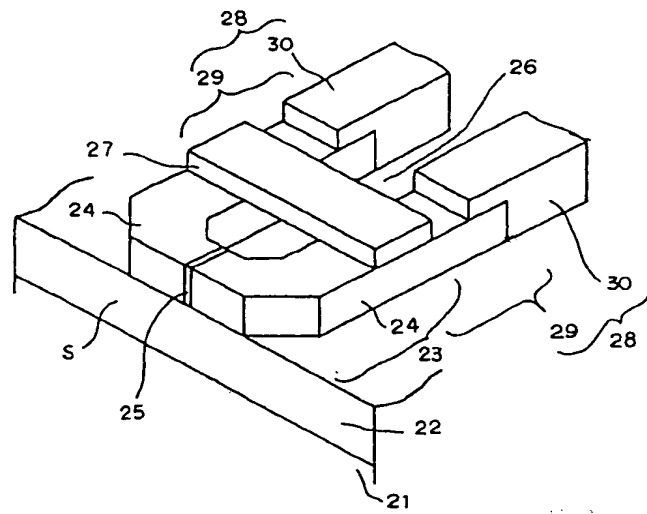
청구항 18. 자기 요크를 갖는 자기 저항 효과 헤드의 제조 방법에 있어서, 기판 상에, 자기갭을 설치한 자기 요크를 형성하는 공정, 적어도 상기 자기 요크에 전류를 흐르게 하면서 열처리하고, 상기 자기 요크의 형상에 따라 부위에 따라 다른 방향의 자기 이방성을 부여하는 공정, 상기 자기 요크 상에 자기 저항 효과막을 형성하는 공정, 및 상기 자기 요크 상에 상기 자기 저항 효과막에 센스 전류를 공급하는 한쌍의 리드를 형성하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드의 제조 방법.

청구항 19. 제18항에 있어서, 상기 기판 상에 복수의 상기 자기 요크를 각각 직렬로 접속하여 형성한 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 헤드의 제조 방법.

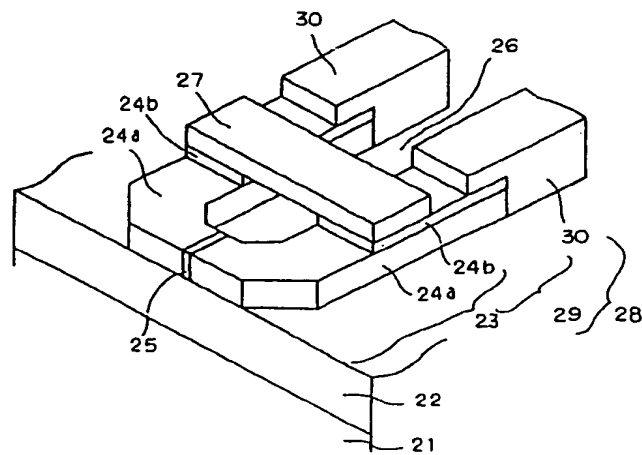
도면



도면1

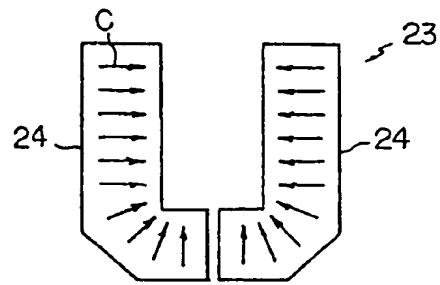


도면2

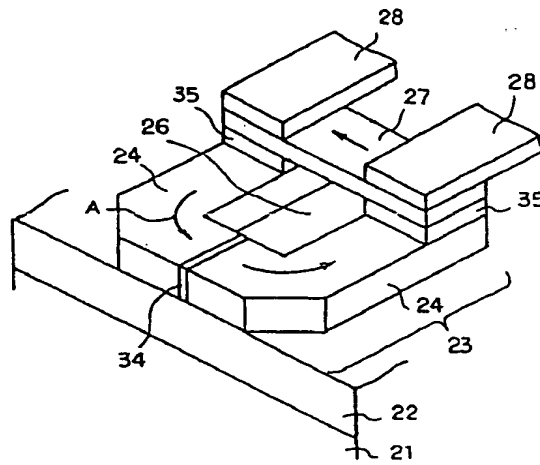




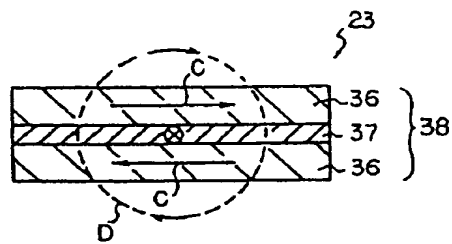
도면5b



도면6



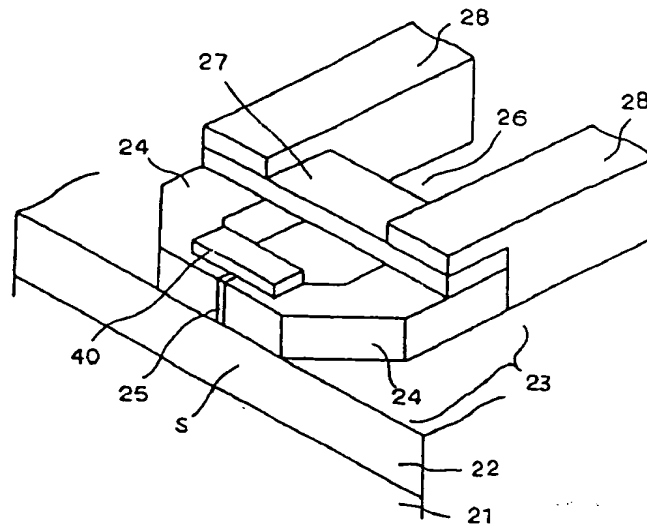
도면7



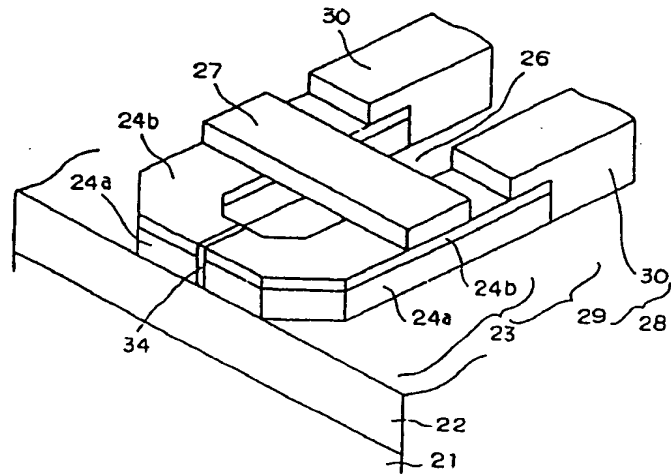




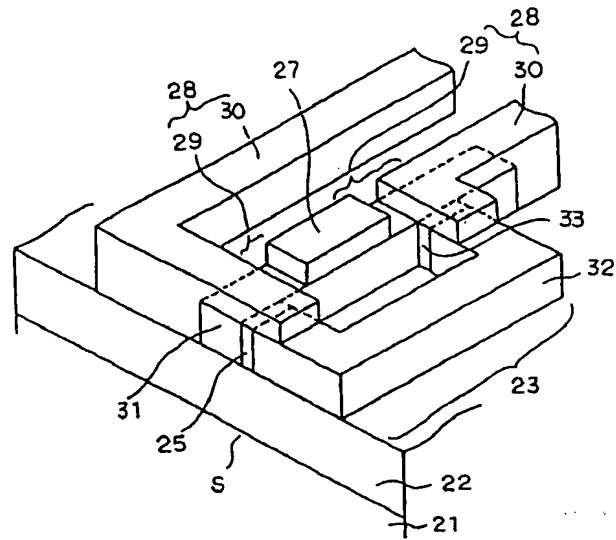
도면11



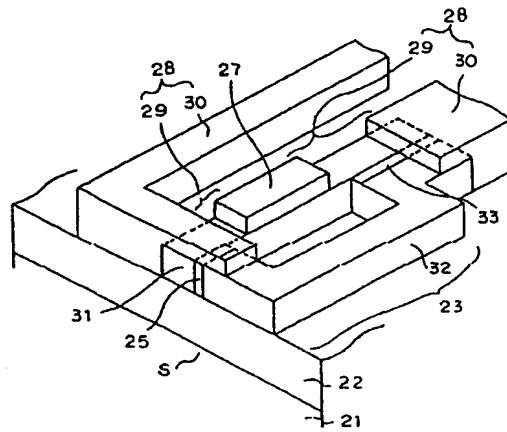
도면12



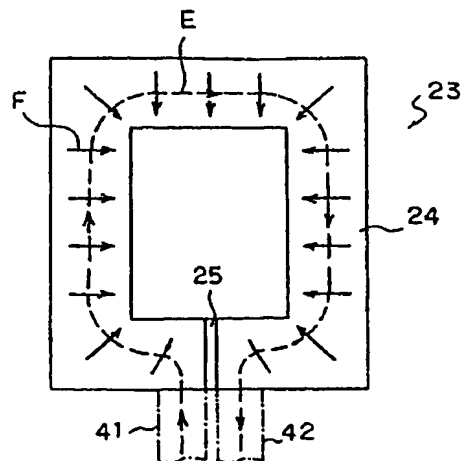
도면13



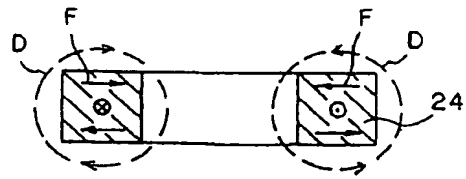
도면14



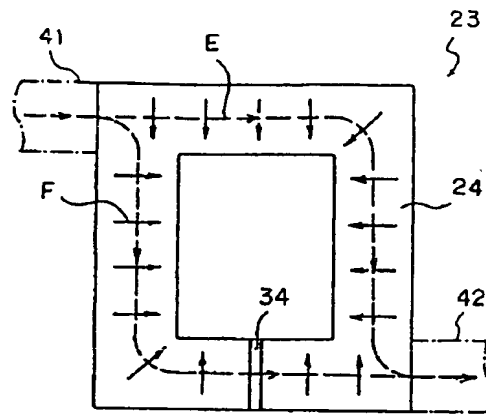
도면15a



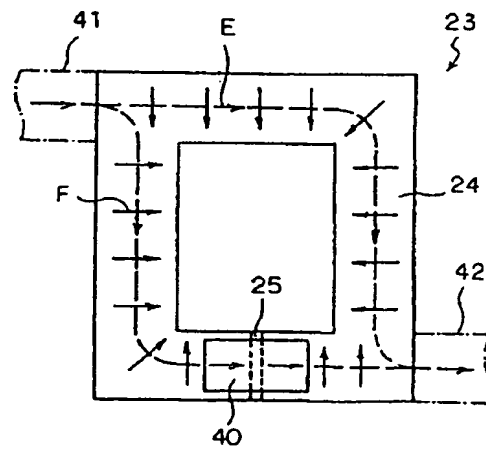
도면15b



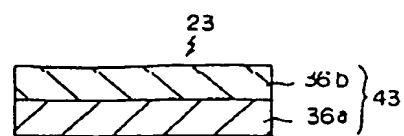
도면16



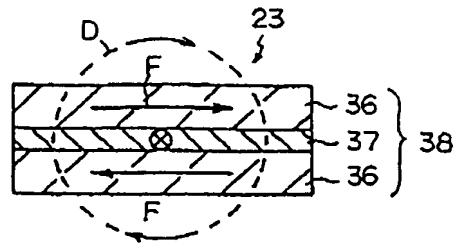
도면17



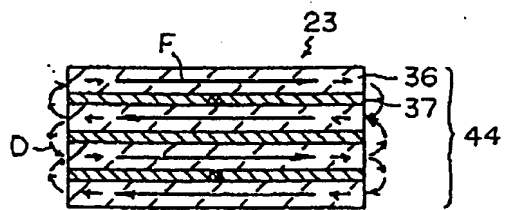
도면18



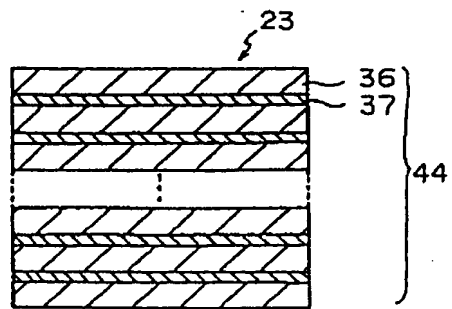
도면19



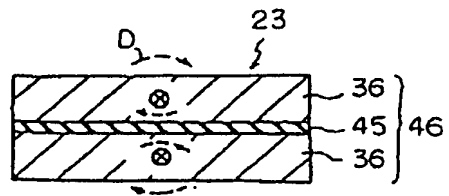
도면20



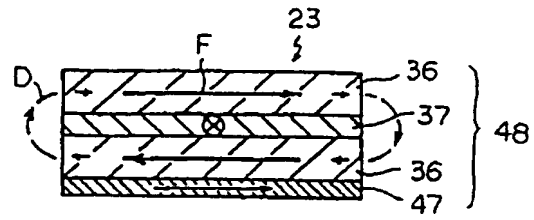
도면21



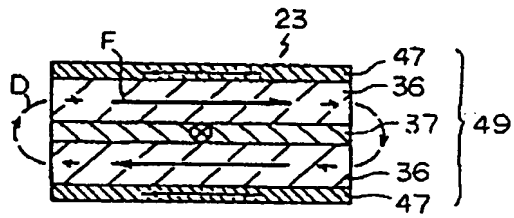
도면22



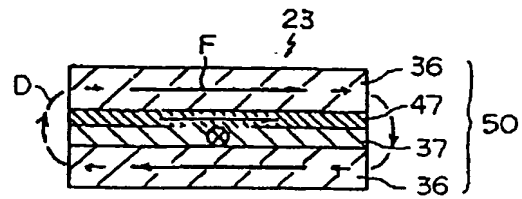
도면23



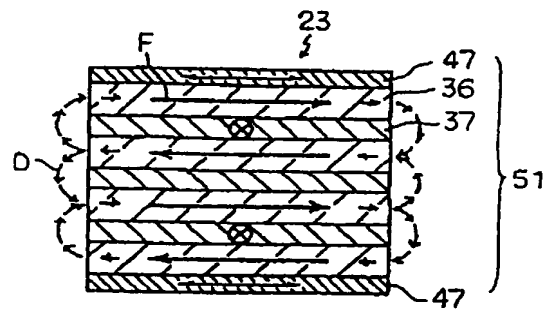
도면24



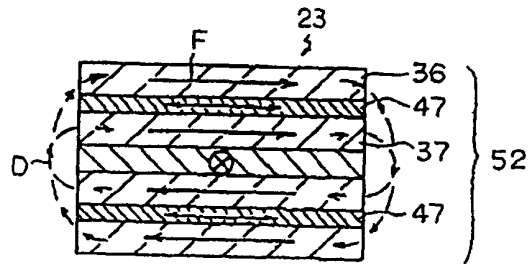
도면25



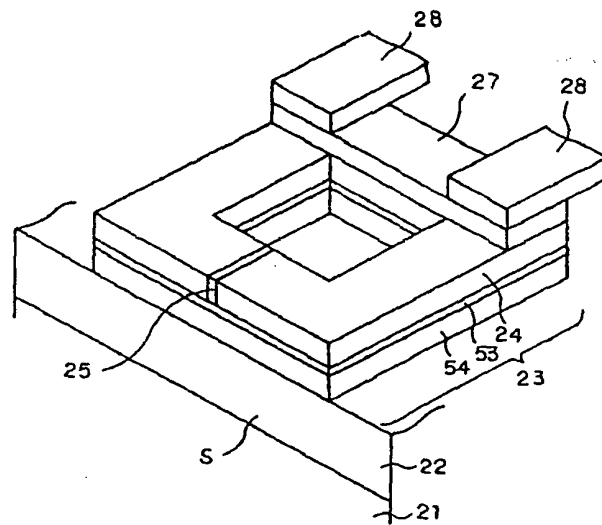
도면26



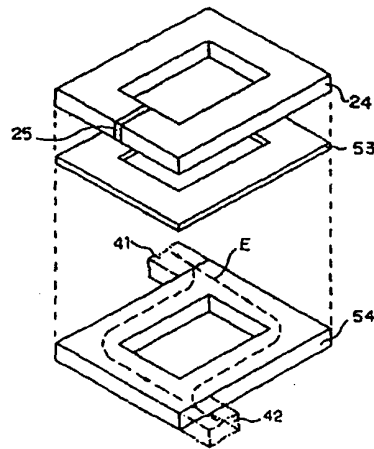
도면27



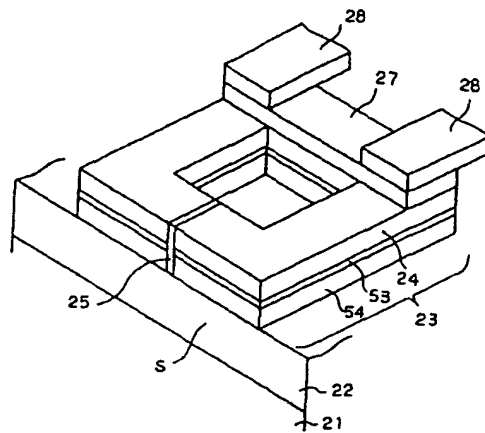
도면28



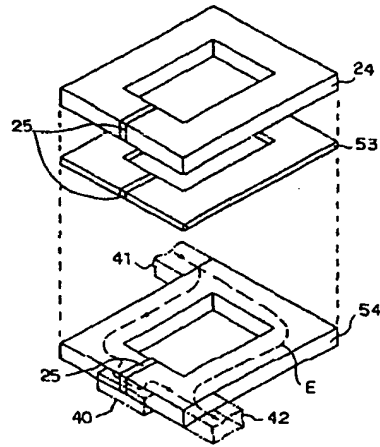
도면29



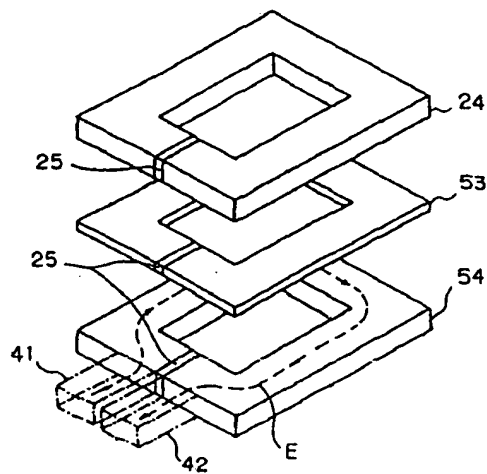
도면30



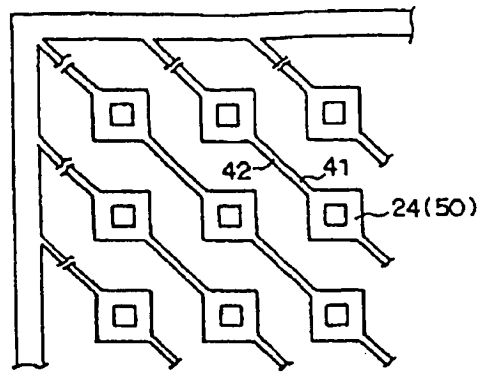
도면31



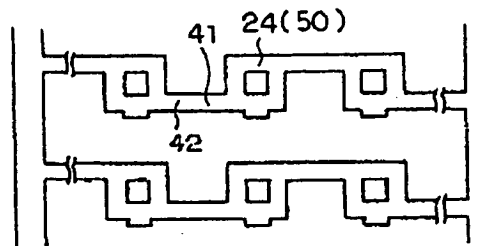
도면32



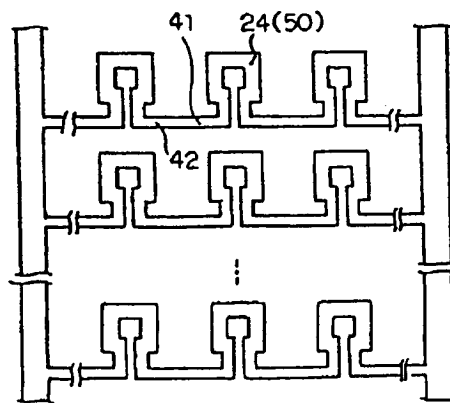
도면33



도면34

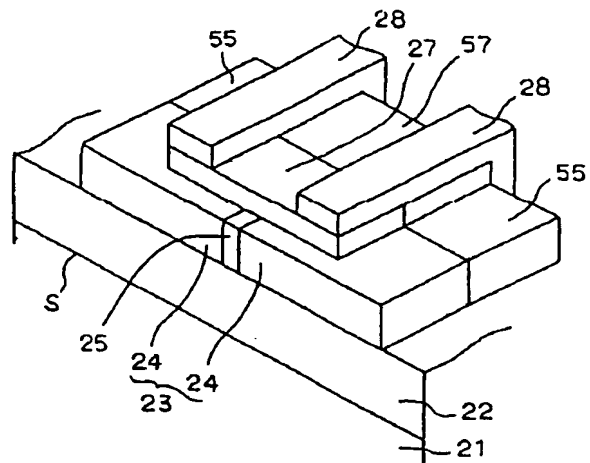


도면35

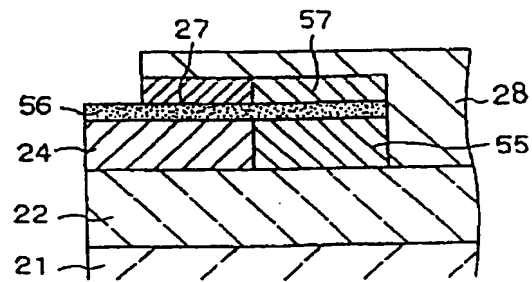




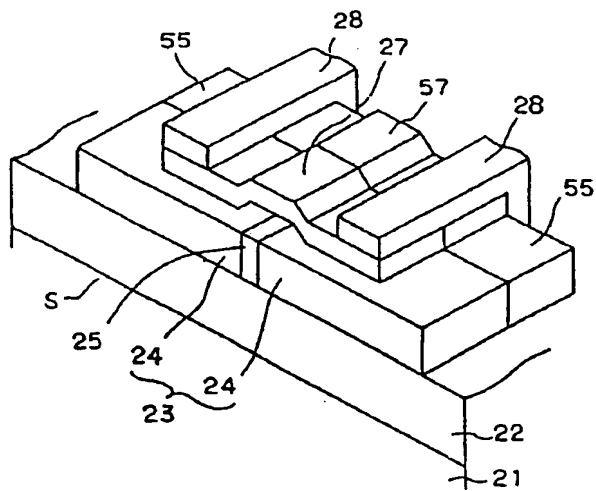
도면36



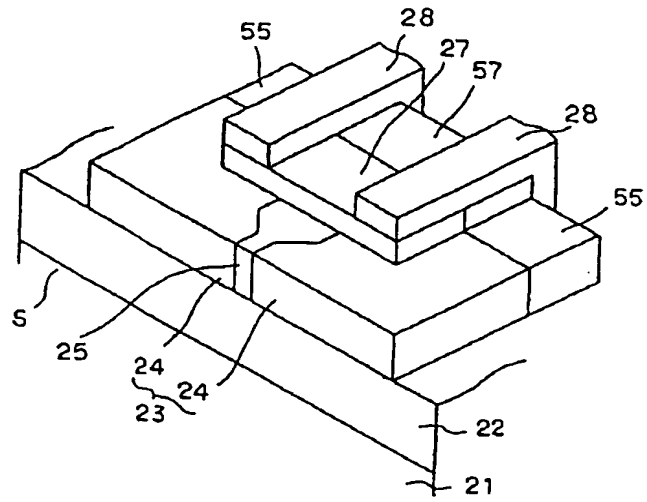
도면37



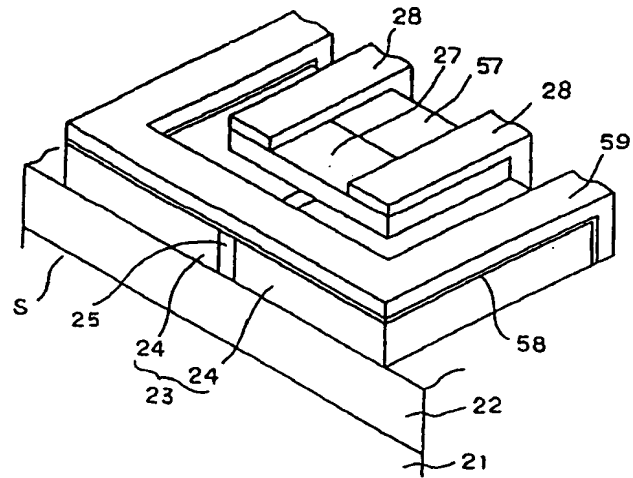
도면38



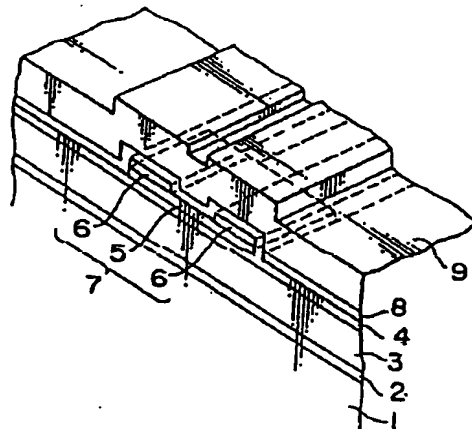
도면39



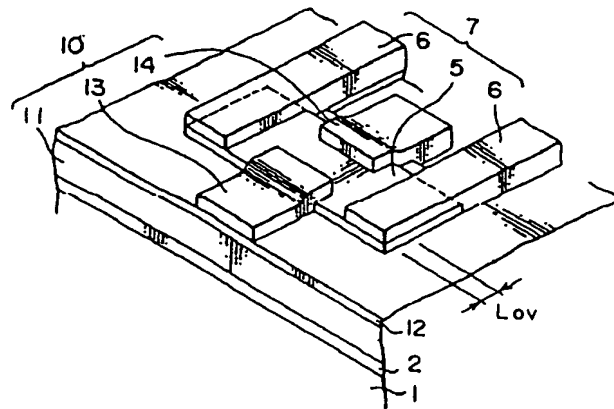
도면40



도면41



도면42



도면43

